١١
الجزء الثاني

بسم الله الرحمن الرحيم

دولة فلسطين
وزارة التربية والتعليم

الإلكترونيات الصنّاعية

(نظري وعملي)

المسار المهني- الفرع الصناعي

فريق التأليف:

م. عاصم عسراوي (منسقاً) م. فؤاد قطمش م. باسل عبدالحق

م. ماهر يعقوب

مركز المناهج

قررت وزارة التربية والتعليم في دولة فلسطين

تدريس هذا الكتاب في مدارسها بدءًا من العام الدراسي ٢٠١٨/ ٢٠١٩ م

الإشراف العام

رئيس لجنة المناهج	د. صبري صيدم
نائب رئيس لجنة المناهج	د. بصري صالح
رئيس مركز المناهج	أ. ثروت زيد

الدائرة الفنية

إشراف فني	أ. كمال فحماوي
تصميم فني	أسحار حروب

تحرير لغوي	
متابعة المحافظات الجنوبية	د. سمية النخّالة

الطبعة التجريبية

٢٠٢٠ م/ ١٤٤١ هـ

دولة فلسطين

وزارة التربية والتعليم

مركز المناهج

mohe.ps | mohe.pna.ps | moehe.gov.ps

.com/MinistryOfEducationWzartAltrbytWaltlym

+970-2-2983280 هاتف | +970-2-2983250 فاكس

حي الماصيون، شارع المعاهد

ص. ب 719 – رام الله – فلسطين

pcdc.edu.ps | pcdc.mohe@gmail.com

تـقـديـم

يتصف الإصلاح التربوي بأنه المدخل العقلاني العلمي النابع من ضرورات الحالة، المستند إلى واقعية النشأة، الأمر الذي انعكس على الرؤية الوطنية المطورة للنظام التعليمي الفلسطيني في محاكاة الخصوصية الفلسطينية والاحتياجات الاجتماعية، والعمل على إرساء قيم تعزز مفهوم المواطنة والمشاركة في بناء دولة القانون، من خلال عقد اجتماعي قائم على الحقوق والواجبات، يتفاعل المواطن معها، ويعي تراكيبها وأدواتها، ويسهم في صياغة برنامج إصلاح يحقق الآمال، ويلامس الأماني، ويرنو لتحقيق الغايات والأهداف.

ولما كانت المناهج أداة التربية في تطوير المشهد التربوي، بوصفها علماً له قواعده ومفاهيمه، فقد جاءت ضمن خطة متكاملة عالجت أركان العملية التعليمية التعلمية بجميع جوانبها، بما يسهم في تجاوز تحديات النوعية بكل اقتدار، والإعداد لجيل قادر على مواجهة متطلبات عصر المعرفة، دون التورط بإشكالية التشتت بين العولمة والبحث عن الأصالة والانتماء، والانتقال إلى المشاركة الفاعلة في عالم يكون العيش فيه أكثر إنسانية وعدالة، وينعم بالرفاهية في وطن نحمله ونعظمه.

ومن منطلق الحرص على تجاوز نمطية تلقّي المعرفة، وصولاً لما يجب أن يكون من إنتاجها، وباستحضار واعٍ لعديد المنطلقات التي تحكم رؤيتنا للطالب الذي نريد، وللبنية المعرفية والفكريّة المتوخّاة، جاء تطوير المناهج الفلسطينية وفق رؤية محكومة بإطار قوامه الوصول إلى مجتمع فلسطيني ممتلك للقيم، والعلم، والثقافة، والتكنولوجيا، وتلبية المتطلبات الكفيلة بجعل تحقيق هذه الرؤية حقيقة واقعة، وهو ما كان له ليكون لولا التناغم بين الأهداف والغايات والمنطلقات والمرجعيات، فقد تآلفت وتكاملت؛ ليكون النتاج تعبيراً عن توليفة تحقق المطلوب معرفياً وتربوياً وفكرياً.

ثمّة مرجعيات تؤطّر لهذا التطوير، بما يعزّز أخذ جزئية الكتب المقررّة من المنهاج دورها المأمول في التأسيس؛ لتوازن إبداعي خلّاق بين المطلوب معرفياً، وفكرياً، ووطنياً، وفي هذا الإطار جاءت المرجعيات التي تم الاستناد إليها، وفي طليعتها وثيقة الاستقلال والقانون الأساسي الفلسطيني، بالإضافة إلى وثيقة المنهاج الوطني الأول؛ لتوجّه الجهد، وتعكس ذاتها على مجمل المخرجات.

ومع إنجاز هذه المرحلة من الجهد، يغدو إزجاء الشكر للطواقم العاملة جميعها؛ من فرق التأليف والمراجعة، والتدقيق، والإشراف، والتصميم، وللجنة العليا أقل ما يمكن تقديمه، فقد تجاوزنا مرحلة الحديث عن التطوير، ونحن واثقون من تواصل هذه الحالة من العمل.

وزارة التربية والتعليم

مركز المناهج الفلسطينية

آب / ٢٠١٨

مقدمة

يأتي هذا المقرّر ضمن خطة وزارة التربية والتعليم لتحديث المناهج الفلسطينية وتطويرها لفروع التعليم المهني، بحيث يتضمّن مجموعة كفايات يمتلكها خرّيج التعليم المهني التي يتطلبها سوق العمل، ومواكبة آخر التطورات الحديثة في علم الصناعة، والتدريب العملي بما يتوائم مع متطلبات عصر المعارفة.

لقد تم تأليف هذا الكتاب ضمن منهجية الوحدات النمطية المبنية على المواقف والأنشطة التعلمية، بحيث يكون الطالب منتجاً للمعرفة لا مُتلقياً لها، بحيث يعطى للطالب الفرصة للانخراط في التدريبات التي تُنفَّذ بروح الفريق، والعمل الجماعي، لذا تضمّنت وحدات هذا المقررّ الحالات الدراسية التي تعمل على تقريب الطالب المتدرب من بيئة سوق العمل، والأنشطة التعلمية ذات الطابع التطبيقي المتضمنة خطّة العمل الكاملة للتمرين؛ لما تحتويه من وصف تنفيذ التمرين، ومنهجيته، وموارده، ومتطلباته، إضافة إلى صناديق المعرفة، وقضايا التفكير التي تُذكي ذاكرة الطالب.

لقد تمّ ربط أنشطة هذا الكتاب وتدريباته بقضايا عملية مُرتبطة بالسياق الحياتيّ للطالب، وبما يُراعي قُدرته على التنفيذ، كما تمّ التركيز على البيئة والسوق الفلسطيني وخصوصياتها عند طرح الموضوعات، وربطها بواقع الحياة المعاصر، وتجلّى ذلك من خلال الأمثلة العملية، والمشاريع الطلابية، حيث تمّ توزيع مادة الكتاب الذي بين أيدينا على ما يأتي:

احتوى (الفصل الثاني) على أربعة وحدات نمطية، الوحدة الرابعة تحتوي على ثلاثة مواقف تعليمية تتعلق بالترانزستورات وتطبيقاتها، أما الوحدة النمطية الخامسة فتحتوي على موقفين تعليميين عن مضخم العمليات وتطبيقاته العملية، أما الوحدة النمطية السادسة تحتوي على أربعة مواقف تعليمية عن توصيل المحركات الكهربائية 1 فاز و3 فاز، ومحركات التيار المستمر وتطبيقاتها وتحديد أعطالها، أما الوحدة النمطبية السابعة تحتوي على أربعة مواقف تعليمية عن أساسيات الصيانة الإلكترونية وصيانة بعض الأجهزة الكهربائية.

ولمّا كانت الحاجة لصقل المعلومة النظرية بالخبرة العملية، فقد تمّ وضع مشروع في نهاية كلّ وحدة نمطية؛ لتطبيق ما تعلّمه الطلبة، ونأمل تنفيذه بإشراف المعلم.

واللهَ نسأل أن نكون قد وفّقنا في عرض موضوعات هذا الكتاب بما يراعي قدرات الطلبة، ومستواهم الفكري، وحاجاتهم، وميولهم النفسية والوجدانية والاجتماعية، وكلّنا أمل بتزويدنا بملاحظاتهم البنّاءة؛ ليتمّ إدخال التعديلات والإضافات الضرورية في الطبعات اللاحقة؛ ليصبح هذا الجهد تامّاً متكاملاً خالياً من أيّ عيب أو نقص قدر الإمكان.

والله ولي التوفيق

فريق التأليف

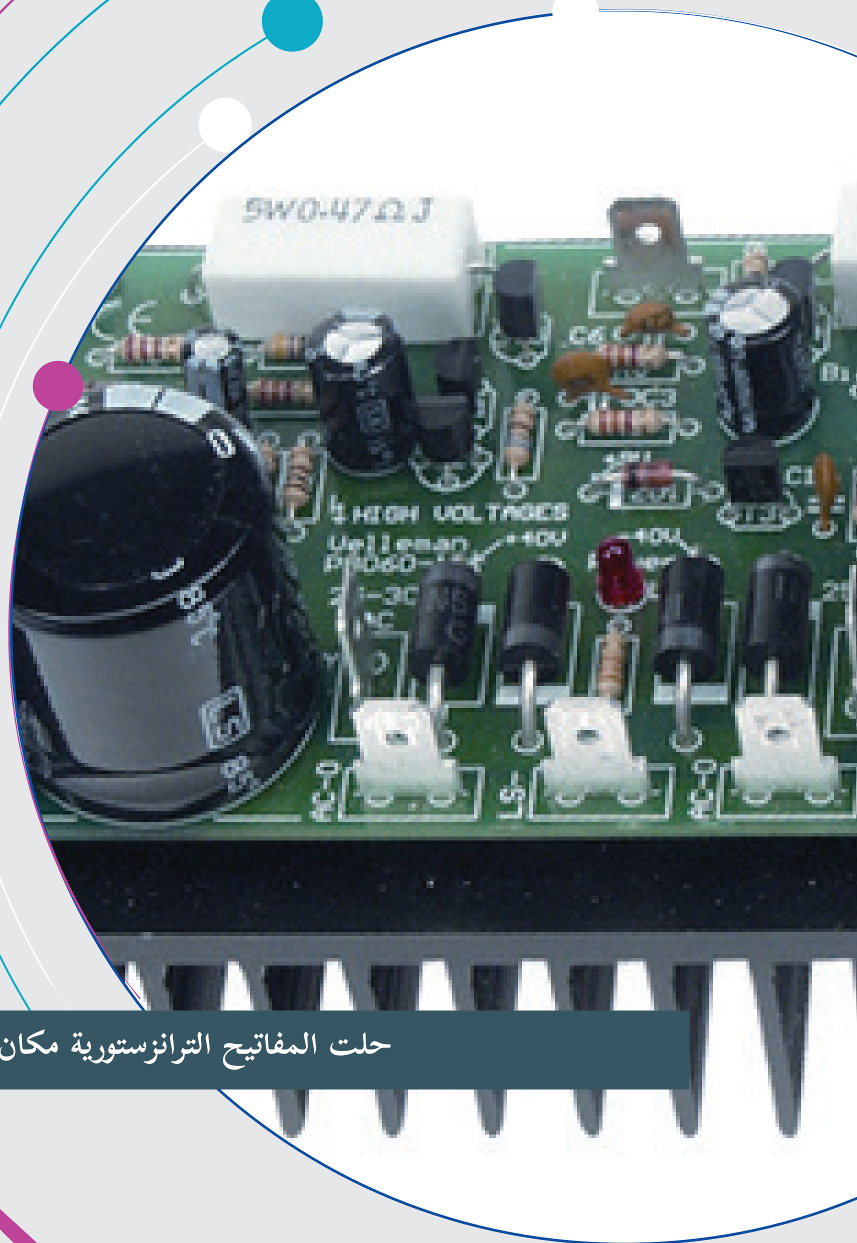
المحتويات

العنوان — الصفحة

4

الوحدة النمطيّة

الترانزستورات



حلت المفاتيح الترانزستورية مكان المفاتيح الميكانيكية.

يتوقع من الطلبة بعد دراسة هذه الوحدة والتفاعل مع أنشطتها أن يكونوا قادرين على فحص الترانزستورات الرئيسية، وإجراء الصيانة اللازمة لتطبيقاتها ودارتها الإلكترونيّة؛ وذلك من خلال الآتي:

- **تمييز أنواع الترانزستورات، ومواصفاتها، وتحديد أطرافها، وصلاحيتها.**
- **بناء دارة مفتاح ترانزستوري.**
- **تصميم دارة مضخِّم إشارة باستخدام الترانزستور ثنائي الوصلة.**

الكفايات المهنية

الكفايات المتوقَّع امتلاكها من الطلبة بعد الانتهاء من هذه الوحدة:

أوّلاً- الكفايات الحرفيَّة

- القدرة على تمييز أنواع الترانزستورات، ومواصفاتها، وتحديد أطرافها، وصلاحيتها.
- القدرة على بناء دارة مفتاح ترانزستوري.
- القدرة على تصميم دارة مضخم إشارة باستخدام الترانزستور ثنائي الوصلة.

ثانياً: الكفايات الاجتماعيّة والشخصية

- الموثوقية.
- الاستقلالية.
- الضمان الذاتي.
- الدقة في المواعيد.
- المصداقية.
- القدرة على النقد البناء.
- التعامل بشكل بناء مع النزاعات.
- المسؤولية والإحساس بالواجب.
- الموقف الإيجابي نحو التعلم مدى الحياة.
- الموقف الإيجابي نحو المهام والعمل والحياة.
- المبادرة والاستجابة والالتزام بالعلاقات الاجتماعية.
- المسؤولية الاجتماعية.
- تفهم وقبول توزيع الأدوار.
- التفهم والمشاركة في التفاعلات.
- التواصل الحسن، والمظهر اللائق.

ثالثاً: الكفايات المنهجية

- العصف الذهني.
- الحوار والمناقشة.
- العمل الجماعي.
- البحث العلمي.

وسائل وإجراءات الأمن والسلامة والسلوك المهني

- ارتداء الزي المناسب (ملابس مناسبة، وغير فضفاضة، أو ذات أطراف طويلة) وعدم لبس أي نوع من أنواع المعادن في اليدين أو الجسم (خواتم، وسلاسل، وساعات...إلخ) للوقاية من أي خطر.
- توفر متطلبات السلامة الشخصية والبيئة المحيطة (الكفوف، والأرواب، والعوازل الأرضيّة، والشَفّاطات إن لزم الأمر، والطفايات، وأنظمة المراقبة والأمان، وحقيبة الإسعافات الأولية...إلخ).
- التركيز أثناء العمل، والتزام الانضباط والحذر، والحد من أي ضوضاء.
- عدم العبث بالأجهزة والأدوات الموجودة داخل المشغل أو الورشة، وحفظها بصورة جيدة.
- الالتزام بتعليمات التشغيل لأي جهاز أو أداة تدريبية، وعدم إزالة أي جزء مخصص للحماية والأمان.
- التأكّد من عزل الأسلاك الَّتي تتعامل معها وعدم تعريضها للتلف، ومراعاة ابتعادها عن أي وصلات معدنية أو مياه، والانتباه إلى أي أسلاك كهربائيّة يمرّ بها تيّار كهربائيّ.
- المحافظة على نظافة المكان وترتيبه بصفة دائمة بعد الانتهاء من التدريب.
- عمل صيانة دورية للأجهزة، وفحص الأسلاك والتوصيلات وبيئة التدريب.
- اتباع تعليمات المدرّب، ومراجعته عند الضرورة.

4-1 الموقف التعليميّ التعلّمي: تمييز أنواع الترانزستورات، ومواصفاتها، وتحديد أطرافها، وصلاحيتها.

وصف الموقف التعليميّ:

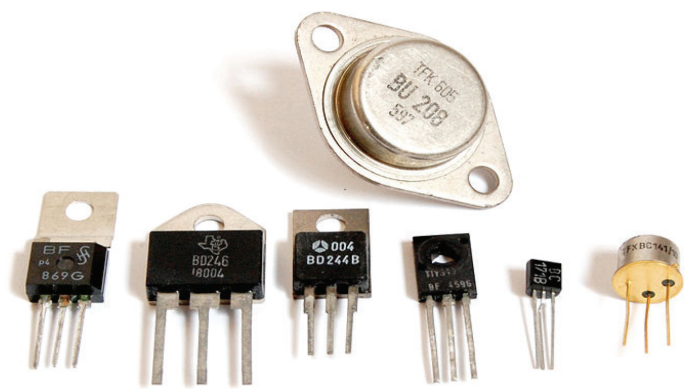
(أحضر صاحب مصنع لورشة الإلكترونيّات الصناعية لوحة إلكترونيّة تحتوي على ترانزستورات، وطلب فحص اللوحة الإلكترونيّة، وتشخيص أسباب العطل، واستبدال التالف بنفس المواصفات).

العمل الكامل:			
خطوات العمل	وصف الموقف الصفي	المنهجيّة (إستراتيجيّة التعلّم)	الموارد حسب الموقف التعليميّ
أجمع البيانات، وأحلّلها	• أجمع البيانات من صاحب المصنع حول اللوحة الإلكترونيّة من حيث: 1. نوع الجهاز الّذي يستخدم اللوحة وآلية عمله. 2. طبيعة الخلل. 3. هل تمّ عرض هذه اللوحة على ورشة صيانة سابقة؟ • أجمع البيانات حول: 1. نوع الجهاز والمخطّط الكهربائيّ للوحة الإلكترونيّة. 2. القطع الإلكترونيّة المكونة للوحة، ومواصفاتها، ومبدأ عملها. 3. أنواع الترانزستورات واستخداماتها. 4. مواصفات الترانزستورات. 5. كيفية استخراج مواصفات الترانزستورات من كتب المكافئات، وتحديد أطرافها وبدائلها. 6. كيفية استخدام أجهزة القياس لتحديد أطرافها وصلاحيتها. 7. مبدأ عمل الترانزستورات. 8. تطبيقات الترانزستورات. 9. كيفية فك الترانزستورات وتركيبها بشكل سليم. 10. أعطال الترانزستورات.	• الحوار والمناقشة. • البحث العلمي. • العصف الذهني. • العمل التعاوني.	• طلب صاحب المصنع الكتابي (وصف المهمة، كتاب رسمي). • كتالوجات الشركات المصنعة وكتب المكافئات للعناصر المتنوّعة. • مخطّطات الدارات الكهربائيّة المتعلقة بلوحة التحكم والدارات ذات العلاقة. • المواصفات الفنيّة للقطع المستخدمة. • لوحات تحكم إلكترونيّة تالفة. • أجهزة الفحص والقياس • الكتب العلميّة ذات العلاقة. • الشبكة العنكبوتيّة (الإنترنت) والمواقع العلميّة الموثوقة (المحكّمة). • القرطاسيّة.

أخطط، وأقرر	• أصنِّف البيانات الَّتي تمّ جمعها حول (نوع الجهاز واللوحة ومخططها التمثيلي ومكوّناتها ومواصفات قطعها الفنيّة واستخداماتها وأعطالها، وأنواع الترانزستورات). • أرسم تركيب ورموز الترانزستورات المتنوّعة وأحدِّد أطرافها. • أبين تركيب الترانزستورات. • أحدِّد المواصفات الفنيّة للترانزستورات حسب نوعها. • أحدِّد الجهد الكهربائيّ الَّذي تعمل الترانزستورات المتنوّعة وآلية العمل. • أعدّ جدولاً بالبدائل المقترحة لاستبدال القطع التالفة ومواصفاتها وجدوى الاستبدال. • أحدِّد الأدوات والعِدَد والأجهزة اللازمة. • أُعدّ خطّة لتنفيذ العمل تتضمن زمن المهمة والوقت المقدر.	• العصف الذهني • الحوار والمناقشة • العمل التعاوني. • البحث العلمي.	• نماذج جمع البيانات. • نموذج جدولة وقت تنفيذ المهام (الخطة). • طلب صاحب المصنع. • الشبكة العنكبوتيّة. • الكتب العلميّة ذات العلاقة. • برامج رسم الدارات. • القرطاسيّة اللازمة. • كتب المكافئات.
أُنفّذ	• أُراعي قواعد الأمن والسلامة العامة، وأنتبه إلى: - عدم ملامسة اليد لأطراف الترانزستورات. • أتتبع مخطط لوحة التحكم، وأفحص مكوّناتها باستخدام أجهزة القياس، وأحدِّد الخلل، وأقوم باستبدال القطع التالفة. • أفك الترانزستورات عن اللوحات الإلكترونيّة، وأفحصها، وأحدِّد أطرافها. • استخرج مواصفاتها من كتاب المواصفات. • أحدِّد أنواع ترانزستورات (BJT) (NPN، PNP). • أقيس المقاومة بين أطراف الترانزستورات من نوع (PNP وNPN) وتسجيل القيم ومقارنتها. • أحدِّد أطراف ترانزستورات BJT (B، C، E). • أحدِّد أطراف ترانزستور (MOSFET)، وأفحصه.	• العمل التعاوني. • البحث العلمي.	• لوحة التحكم المطلوبة وأخرى متنوّعة لأجهزة أخرى • دليل الشركات المصنعة. • ترانزستورات متنوّعة • جهاز(DMM). • مصدر جهد مستمر. • لوحات إلكترونيّة تالفة تحتوي على ترانزستورات. • كاوي لحام مع قاعدة. • قصدير. • شَفّاط لحام. • شريط إزالة اللِّحام (الشيلد). • أحمال كهربائيّة (لمبات...) متنوّعة الجهد الكهربائيّ. • أسلاك توصيل متنوّعة. • لوحة توصيل. • قرطاسية.

أتحقّق	• أُراعي قواعد الأمن والسلامة العامة، وأنتبه إلى عدم ملامسة اليد لأطراف الترانزستور. • أتَحَقَّق من توصيلات لوحة التحكم حسب المخطّط. • أركّب اللوحة على الجهاز، وأقوم بتشغيلها، والتأكّد من عملها. • استخدم جهاز (DMM) لفحص أطراف الترانزستورات المتنوّعة وتحديدها. • أتَحَقَّق من القيم المقاسة عمليّاً لمقاومة وانحياز الجهد بين أطراف الترانزستور والقيم النظرية. • أتأكّد من الوثائق والنماذج الَّتي تمّ تعبئتها خلال أداء المهمة. • أعيد العِدَد والأدوات المستخدمة لمكانها، وأنظّف موقع العمل.	• العصف الذهني. • عمل المجموعات. • الحوار والمناقشة.	• طلب صاحب المصنع. • الوثائق والتقارير. • المواصفات الفنيّة. • المخطّطات الإلكترونيّة • القرطاسيّة. • أجهزة القياس والفحص الإلكترونيّة. • كتب المكافئات.
أوثّق، وأعرض	• أوثق نتائج جمع البيانات حول: 1. نوع الجهاز الكهربائيّ وطبيعة لوحة التحكم والعطل ودارة توصيل اللوحة الكهربائيّة معه. 2. أنواع الترانزستورات وتركيبها واستخداماتها. 3. طرق فحص الترانزستورات. 4. أعطال الترانزستورات. 5. تطبيقات على الترانزستورات. • أنشئ ملفّاً لهذه الحالة. • أجهّز تقريراً فنيّاً لصاحب المصنع. • أُعِدّ تَقريراً كاملاً بالعمل.	• الحوار والمناقشة. • العمل الجماعي.	• جهاز العرض (LCD). • جهاز الحاسوب. • نماذج عمليّة. • برامج رسم الدارات الكهربائيّة وتتبعها. • قرطاسية.

أقيّم	• أقارن بين عمل الجهاز قبل صيانة اللوحة الإلكترونيّة وبعدها. • أقارن بين القيم العمليّة للمقاومة وجهد الانحياز بين أطراف الترانزستورات المتنوّعة والقيم النظرية المتوقّعة. • أقارن بين طبيعة عمل الترانزستورات المتنوّعة وتطبيقاتها. • أقيّم عمليّة الصيانة من حيث الوقت والإخراج. • أُعبِّئ نموذج التقييم.	• النقاش الجماعي. • البحث العلمي.	• طلب صاحب المصنع. • المواصفات والكتالوجات. • المخطّطات الفنيّة. • الكتب العلميّة ذات العلاقة. • ورقة / نموذج العمل الخاص بالتقييم. • برامج رسم الدارات الكهربائيّة المحوسبة. • القرطاسيّة.



الشكل (1): أنواع مختلفة من الترانزستورات



تمرين :

1. مستخدما كتب المواصفات أو برامج الحاسوب المتنوّعة استخرج المواصفات الفنيّة للترانزستورات الآتية: (BC547 BD139، 2N2222، BC557، 2N3055) بحيث تظهر المعلومات الآتية: (نوع الترانزستور، والمادة المصنوع منها، وأطراف الترانزستور، وجهد المجمع (الباعث)، وتيّار المجمع).
1. لديك ترانزستور (BC547) وترانزستور (BC557) بيِّن بخطوات أو من خلال جدول كيفية تحديد صلاحية كل من هذه الترانزستورات، وأطراف كل منها.

الأسئلة:

1. ابحث في تطبيقات ترانزستور ثنائي الوصلة (BJT).
2. باستخدام أجهزة الفحص بين كيف يمكن معرفة نوع الترانزستور (NPN) أو (PNP)
3. اذكر المواصفات الفنيّة الَّتي يجب مراعاتها عند تغيير ترانزستور تالف.
4. كيف تستطيع التمييز بين الترانزستور العادي وترانزستور القدرة؟

أتعلَّم: تمييز أنواع الترانزستورات، ومواصفاتها، وتحديد أطرافها، وصلاحيتها.

نشاط (1):

من خلال الرجوع إلى الإنترنت ابحث عن أنواع واستخدامات وتطبيقات الترانزستور في الحياة العمليّة.

الترانزستورات (Transistors)

يُعدّ الترانزستور أحد أهم عناصر أشباه الموصلات الَّتي تمّ اكتشافها في العصر الحديث، ويستخدم الترانزستور بشكل عام في مكبرات الإشارات الكهربائيّة والمفاتيح الإلكترونيّة المختلفة، وقد ساعدت عدة عوامل مثل صغر الحجم، وقلة التكلفة، وسهولة التصنيع، وسهولة التعامل والصيانة، واستهلاكه القليل للطاقة في انتشاره بشكل كبير. **تصنّف الترانزستورات إلى الأنواع الرئيسية الآتية:**

1 - ترانزستور ثنائي القطبية (BJT).

2 - ترانزستور تأثير المجال (FET).

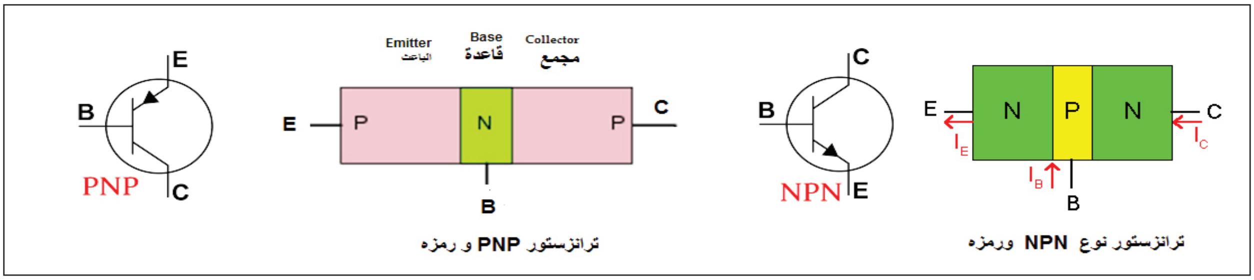
3 - ترانزستور أحادي الوصلة (UJT).

4 - ترانزستور معزول البوابة (IGBT).

في هذا الموقف التعليمي سوف يتم توضيح آلية عمل كل من ترانزستور ثنائي القطبية، وترانزستور تأثير المجال، أما الأنواع الأخرى فسوف يتم التعرف عليها في مراحل لاحقة.

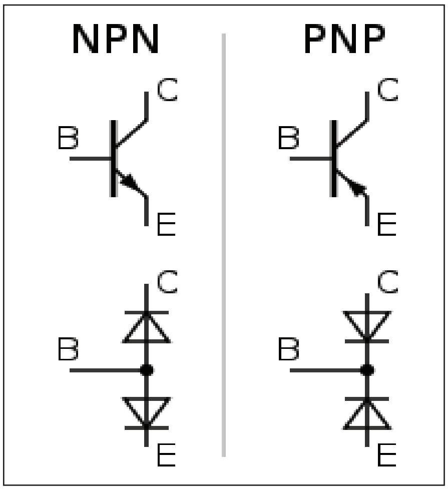
أولا- ترانزستور ثنائي الوصلة BJT (Bipolar Junction Transistor)

يتكون ترانزستور ثنائي القطبية من وصلتي P-N بحيث تشترك الوصلتان في المنطقة الوسطى وبذلك يصبح الترانزستور مكون من ثلاثة طبقات (PNP) أو (NPN) ويبيِّن الشكل (2) تركيب ورمز كل منها:



الشكل(2): تركيب الترانزستور ورمزه

تسمى المنطقة الوسطى بالقاعدة Base أما المنطقتان الطرفيتان فتسمى إحداهما بالمجمع Collector والأخرى بالباعث Emitter، ويمكن تمثيل الترانزستور بثنائيين الأول بين الباعث والقاعدة والثاني بين المجمع والقاعدة ويكون اتجاه الثنائيّ حسب تركيب الترانزستور (NPN) أو (PNP) كما يبين الشكل (3) الدارة المكافئة للترانزستور بالثنائيّات لكلا النوعين.



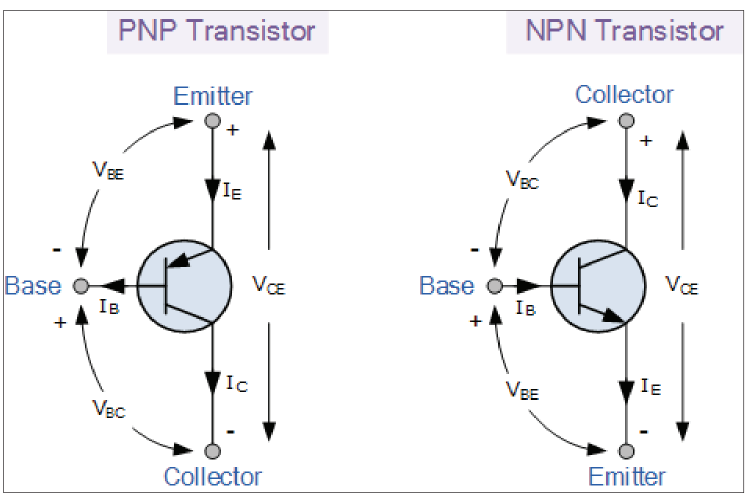
الشكل (3) الدارة المكافئة للترانزستور بالثنائيّات

مبدأ عمل الترانزستور ثنائي الوصلة

يبين الشكل(4) توزيع التيّارات والجهود للترانزستور نوع (NPN) ونوع (PNP):

ترانزستور نوع (NPN):

حتى يتحقق انحياز الترانزستور فإن القاعدة يجب أن تكون موجبة بالنسبة للباعث V_{BE} وكذلك فإنّ القاعدة يجب أن تكون سالبة بالنسبة للمجمع V_{BC} والمجمع موجب بالنسبة للباعث(المشع) V_{CE} كما يبين الشكل (4)، ولكي يعمل الترانزستور بشكل طبيعي يجب توفير الانحياز المناسب لوصلتي الترانزستور، وذلك عن طريق وصل جهد خارجي إلى أطرافه.



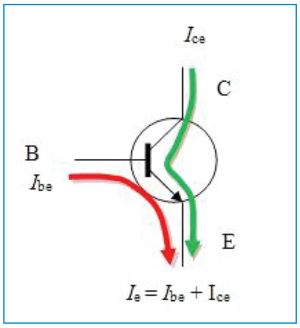
الشكل(4): توزيع التيّارات والجهود للترانزستور نوع (NPN) ونوع (PNP)

تكون العلاقة بين التيّارات المارة في الترانزستور حسب العلاقة الآتية: $I_E=I_C+I_B$

حيث I_E تيّار الباعث، I_C تيّار المجمع، I_B تيّار القاعدة.

ويُعَدّ تيّار القاعدة صغير جداً مقارنة بتيار المجمع، ولهذا يمكن التقريب بأن تيّار المجمع I_C يساوي تيّار الباعث I_E.

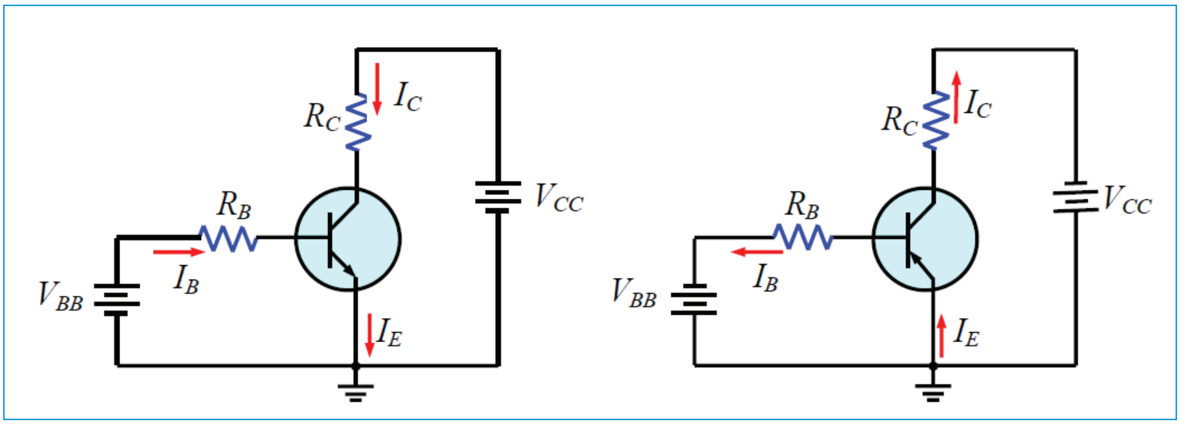
ترانزستور نوع (PNP):



توزيع جهود ترانزستور (PNP) عكس جهود ترانزستور (NPN)، حيث يكون جهد القاعدة موجباً بالنسبة للمجمع V_{BC} وتكون القاعدة سالبة بالنسبة للباعث V_{BE}، ويكون المجمع سالباً بالنسبة للباعث V_{CE}، كما يبين الشكل (4).

يتم التحكم بتيار المجمع بواسطة تيّار القاعدة، فكلما زاد تيّار القاعدة زاد تيّار المجمع، ويمكن القول بأن الترانزستور يشبه مقاومة مُتغيِّرة، حيث تتغير قيمتها بالاعتماد على تغير قيمة تيّار القاعدة، فكلما زاد تيّار القاعدة قلت قيمة المقاومة الداخلية؛ مما يؤدّي إلى زيادة تيّار المجمع، وهكذا.

ولكي يعمل الترانزستور يجب أن يتم توصيل الجهود مع الترانزستورات ثنائية الوصلة من نوع (PNP) و(NPN) لتحقيق الانحياز لكل منهما حسب الشكل رقم (5).



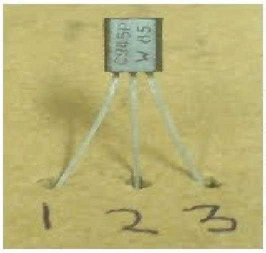
الشكل (5): توصيل الجهود مع الترانزستورات ثنائية الوصلة من نوع (PNP) و(NPN) لتحقيق الانحياز لكل منهما.

فحص ترانزستور ثنائي الوصلة

لتحديد أطراف ترانزستور ثنائي القطبية وتحديد نوعه نتّبع الخطوات الآتية:

1. ترقيم أطرافه كما في الشكل 6.
2. استخدام (DMM) وقياس مقدار الانحياز بين أطرافه بالتبديل لكل الأطراف حسب الجدول في الشكل 6.
3. تحديد الأطراف الَّتي يقرأ عندها جهاز (DMM) قيمة الانحياز (0.5 – 0.7 V).
4. الأطراف الَّتي يقرأ عندها جهاز (DMM) قيمة الانحياز، وهي كما في الشكل 6 (1-3) و(2-3).
5. يكون الطرف المكرر (3) القاعدة (B).
6. يكون الطرف 1 هو الباعث (E)؛ وذلك لأنّ انحيازه أعلى والطرف 2 هو المجمع (C) لأنّ انحيازه أقل.
7. يتم تحديد نوع الترانزستور (NPN) أو (PNP)، وذلك بناء على لون السلك الثابت، فإذا كان السلك الثابت على (B) الموجب (الأحمر) يكون نوعه (NPN)، وإذا كان السلك الثابت عند القياس على (B) هو السالب (الأسود) يكون (PNP).

8. انحياز (B-E) أكبر من انحياز (B-C) في الترانزستور من نوع (NPN).



Measuring point	Result
1 – 2	OL
1 – 3	0.720 VDC
2 – 3	0.716 VDC
2 – 1	OL
3 – 1	OL
3 – 2	OL

الشكل (6): كيفية فحص وتحديد صلاحية ترانزستور ثنائي الوصلة باستخدام قياس جهد الانحياز

المواصفات الفنّيّة للترانزستور

عند استبدال ترانزستور جديد مكان آخر تالف أو استخدام ترانزستور في دارة ما فيجب معرفة المواصفات الفنّيّة الآتية:

1. نوع الترانزستور وقطبيته (NPN)، (PNP).
2. المادة المصنوع منها الترانزستور السليكون أم الجرمانيوم.
3. القيم القصوى:
   - فولتية المجمع الباعث القصوى $V_{CE(MAX)}$
   - تيار المجمع الأقصى $I_{C(MAX)}$
   - القدرة المبددة القصوى P_{MAX} وتعرف بأنها $P=V_{CE} \times I_C$
   - كسب التيّار.

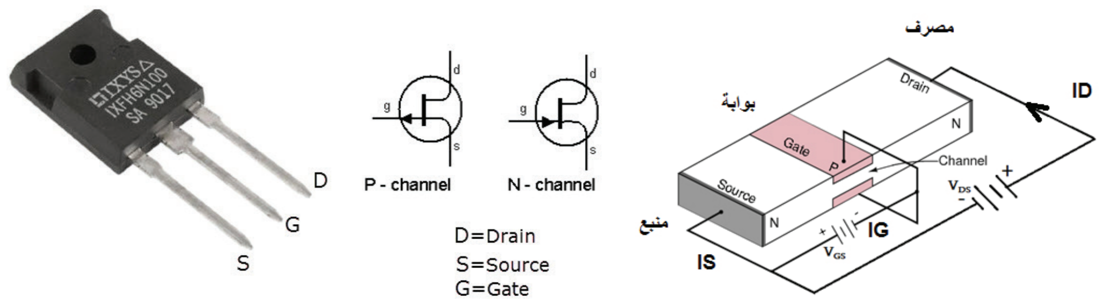
ثانيا: ترانزستور تأثير المجال Field Effect Transistor (FET)

هو عنصر ذو ثلاثة أطراف هي المنبع (Source)، والمصرِّف (Drain)، والبوابة (Gate)، ويمتاز بأنه أحادي القطبية، أي أن حاملات الشحنة من نوع واحد، وهي الإلكترونات في ترانزستور تأثير المجال ذي القناة السالبة (N-Channel) أو الفجوات في ترانزستور تأثير المجال ذي القناة الموجبة (P-Channel) ويوجد نوعان من هذا الترانزستور هما:

- ترانزستور تأثير المجال ذي الوصلة (JFET: Junction Field Effect Transistor).
- ترانزستور تأثير المجال نوع الأكسيد المعدني (MOSFET: Metal Oxide Semiconductor FET).

1. ترانزستور تأثير المجال ذي الوصلة (JFET)

يبين الشكل (7) تركيب هذا الترانزستور، ويتكون من لوح شبه موصل سالب أو موجب، يركب على وجهه العلوي والسفلي قطعتان من مادة شبه موصلة معاكسة في القطبية لقطبية اللوح، فإما أن يكون اللوح موجبا والقطعتان سالبتين، أو عكس ذلك، ويسمى الترانزستور في الحالة الأولى ذا القناة الموجبة، بينما يسمى في الحالة الثانية ذا القناة السالبة.



الشكل(7): تركيب ترانزستور تأثير المجال ذي الوصلة ورمزه

2. ترانزستور تأثير المجال نوع الأكسيد المعدن (MOSFET):

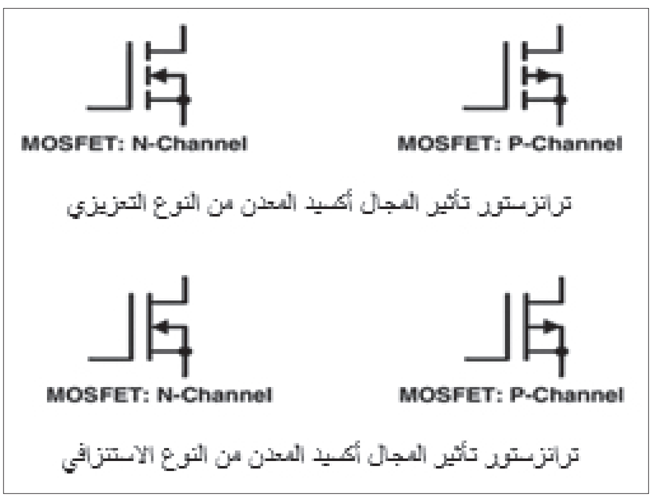
يطلق أيضا على الترانزستور اسم ترانزستور تأثير المجال ذي البوابة المعزولة (Insulated Gate FET)، وله ثلاثة أطراف: المنبع، والمصرِّف، والبوابة، وقد يكون ذا قناة سالبة أو موجبة، ويوجد نوعان من هذا الترانزستور:

- النوع الاستنزافي (D MOSFET).
- النوع التعزيزي (E MOSFET).

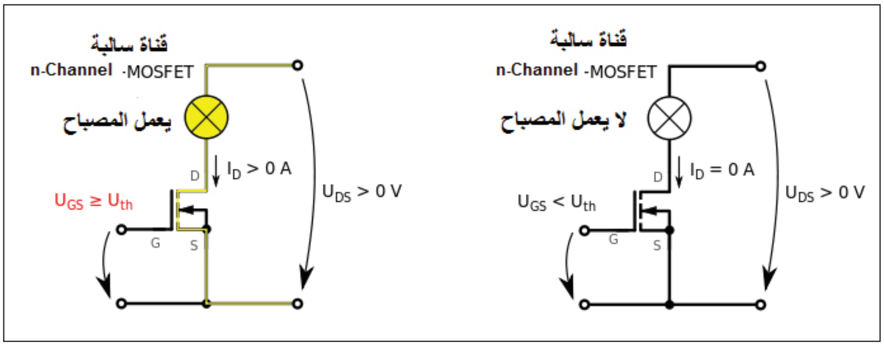
يبيّن الشكل (8) رموز أنواع الترانزستور (MOSFET):

مبدأ العمل

يمتاز ترانزستور (MOSFET) بمقاومة دخله العالية جداً، حيث إن البوابة معزولة بطبقة عازلة من أكسيد السليكون، ويبيِّن الشكل (9) ترانزستور (MOSFET) ذا القناة السالبة (التعزيزي) (n-Channel)، ويتمّ التحكم بمقاومة الترانزستور بين المصرف، والمنبع (R_{DS}) عن طريق جهد البوابة/المنبع (V_{GS})، وبالتالي التحكم بالتيّار بين المصرف والمنبع ($I_{DS} = I_D$)، فإذا قل جهد البوابة عن جهد العمل ($V_{th} < 0$) وعادة ما يكون ما بين (3-1) فولت لكي يعمل فلا يمرّ تيّار ($I_D=0$) فلا يعمل المصباح، وإذا زاد جهد البوابة عن جهد العمل ($V_{GS} > V_{th}$) فيمر تيار ($I_D > 0$) خلال الترانزستور فيعمل المصباح.



الشكل (8): رمز أنواع الترانزستور MOSFET.



الشكل (9): ترانزستور (MOSFET) لتشغيل مصباح في حالة OFF/O

تحديد صلاحية الترانزستور من نوع (MOSFET):

من المعروف أن ترانزستور تأثير المجال حساس للكهرباء الساكنة، حيث تؤدي إلى تلفه، لذلك يتم حمايته أثناء التداول من الكهرباء الساكنة بقصر أطرافه بقطعة من المطاط الموصل، أو يتم أثناء التصنيع إضافة ثنائيي زينر موصولين على التعاكس، ويوصلان بين البوابة (G) والمنبع (S). كذلك يتم إضافة ثنائي بين المصدر والمنبع لحماية الترانزستور من الجهود العكسية، وإعادة الطاقة المختزنة في حالة الأحمال الحثّيّة إلى المصدر أثناء عمليّة الفتح والإغلاق للترانزستور.

من الصعب تحديد أطراف وصلاحية الترانزستور (MOSFET) مثل الترانزستورات الأخرى بسبب وجود مقاومة عالية بين البوابة والمصرف والمنبع؛ لذلك يتم تحديد أطرافه باستخدام كتب المواصفات.

خطوات تحديد صلاحية الترانزستور (MOSFET-N CHANNEL) باستخدام جهاز قياس يوفر جهدا كافيا:

1. وضع ساعة القياس على وضعية الثنائيّ.
2. بواسطة سلك وصّل البوابة (G) والمنبع (S) لجعل قصر بينهما؛ وذلك لتفريغ البوابة من أي شحنة كهربائيّة.
3. تثبيت الطرف السالب (الأسود) لجهاز الفحص على (S).
4. وضع المجس الموجب على (D) نحصل على قراءة (O.L)؛ لأنّ جهد البوابة صفر، أما إذا كانت المقاومة قليلة فهو تالف.
5. مع تثبيت الطرف السالب على (S) انقل الطرف الموجب على البوابة، فيحصل الترانزستور على شحنة موجبة على البوابة من ساعة القياس، ثم أعد الطرف الموجب لساعة القياس إلى (D) ستلاحظ أن المقاومة بين المصرف والمنبع قليلة، أما إذا بقيت المقاومة عالية فيكون تالفاً.
6. لزيادة التأكيد على صلاحية ترانزستور (MOSFET) بواسطة سلك وصّل طرفي البوابة والمنبع، كما في الخطوة رقم (2) ستلاحظ أن المقاومة عادت عالية جداً بين المصرف والمنبع، وغير ذلك يكون تالفاً.
7. أما في حالة ترانزستور (MOSFET-P CHANNEL) فهي عكس الخطوات تماما، حيث يتم تثبيت الطرف الأحمر على (S)، وهكذا.

أما الطريقة الأخرى لفحص الترانزستور، فيتم بناء دائرة كما هو مبين في الشكل 9 أعلاه.

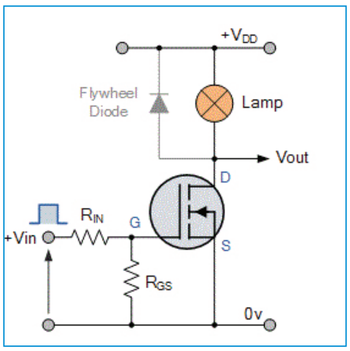
يمتاز ترانزستور (MOSFET) على ترانزستور ثنائي القطبية بما يأتي:

1. يبدي مقاومة دخل عالية (عدة ميجا أوم)؛ مما يجعل عمليّة التشغيل والإطفاء سهلة.
2. يعمل على تيارات وجهود أعلى.
3. مستوى الضجيج منخفض مقارنة بترانزستور ثنائي الوصلة.
4. لا يتأثر بالحرارة مثل ترانزستور ثنائي الوصلة.



تمرين :

ركّب الدارة الآتية: باستخدام أحد برامج الحاسوب، وتحقق من عملها، ثم اشرح مبدأ عملها.



4-2 الموقف التعليميّ التعلّمي: بناء دائرة مفتاح ترانزستوري.

وصف الموقف التعليميّ:

(جاء صاحب محل ألبسة إلى فنّي إلكترونيّات لتصميم نظام إضاءة آلي؛ لإضاءة أرمة المحل في الليل وإطفائها في النهار، ويريد من الفني شراء ما يلزم لتنفيذ المشروع).

العمل الكامل:			
خطوات العمل	وصف الموقف الصفي	المنهجيّة (إستراتيجيّة التعلّم)	الموارد حسب الموقف التعليميّ
أجمع البيانات وأحللها	• أجمع البيانات من صاحب المحل حول الآرمة الضوئيّة من حيث: 1. عدد المصابيح في النظام. 2. هل هناك تصميم معين. 3. التكلفة المرصودة. • أجمع البيانات حول: 1. طبيعة عمل الترانزستور كمفتاح. 2. عناصر الدائرة الإلكترونيّة (المفتاح الترانزستوريّ). 3. مخطط الدارة الإلكترونيّة لتشغيل المصابيح ليلا وإطفائها نهارا. 4. المواصفات الفنيّة للترانزستورات ومكافئاتها.	• الحوار والمناقشة. • البحث العلمي. • العصف الذهني. • العمل التعاوني.	• طلب صاحب المحل الكتابي (وصف المهمة، كتاب رسمي) • كتالوجات الشركات المصنعة وكتب المكافئات للعناصر المتنوّعة. • مخطّطات الدارات الكهربائيّة. • المواصفات الفنيّة للقطع المستخدمة. • أجهزة الفحص والقياس • الكتب العلميّة ذات العلاقة. • الشبكة العنكبوتيّة (الإنترنت) والمواقع العلميّة الموثوقة (المحكّمة). • القرطاسيّة.
أخطّط، وأقرّر	• أصنّف البيانات الّتي تمّ جمعها حول (حجم الآرمة، وعدد المصابيح، وعمل الترانزستور كمفتاح، ودارات المفاتيح الترانزستوريّة). • أرسم مخطط دائرة إضاءة الآرمة أثناء الليل. • معرفة مواصفات العناصر الإلكترونيّة المطلوبة. • أحدّد الأدوات والعِدَد والأجهزة اللازمة.	• العصف الذهني • الحوار والمناقشة • العمل التعاوني. • البحث العلمي.	• نماذج جمع البيانات. • نموذج جدولة وقت تنفيذ المهام (الخطة). • طلب صاحب المحل. • الشبكة العنكبوتيّة. • الكتب العلميّة ذات العلاقة. • برامج رسم الدارات. • القرطاسيّة اللازمة. • كتب المكافئات.

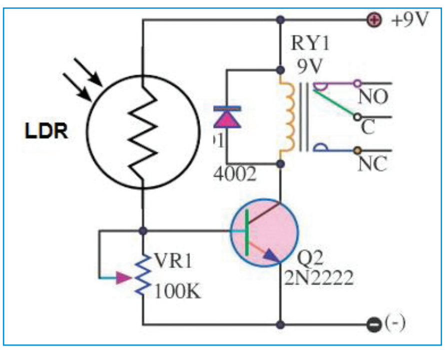
	• أحدِّد المواصفات الفنّيّة للمرحلات. • أكتب جدولاً يبيِّن التكلفة لكل العمل. • أُعدّ خطّة لتنفيذ العمل تتضمن زمن المهمة والوقت المقدر.		
أُنفِّذ	• أُراعي قواعد الأمن والسلامة العامة، وأنتبه إلى: 1. توصيل مصدر الجهد 220 فولت وعزل أسلاك التوصيل. 2. أحضّر العِدَد والأدوات المناسبة لعمليّة التركيب. 3. أحدِّد أطراف الدخل والخرج في الدائرة. 4. أقوم بتوصيل الدارة حسب المخطّط الّذي صممته.	• العمل التعاوني. • البحث العلمي.	• ترانزستورات متنوّعة. • جهاز(DMM). • مصدر جهد ومتناوب. • محول ذو جهد مناسب. • مرحلات. • مصابيح. • مفتاح تشغيل واطفاء. • مقاومات ثابتة متنوّعة. • مقاومات مُتغيِّرة. • عدّة اللِّحام • أسلاك توصيل متنوّعة. • لوحة توصيل. • قرطاسية.
أتحقّق	• أُراعي قواعد الأمن والسلامة العامة، وأنتبه إلى توصيل مصدر الجهد. • أَتَحقَّق من توصيلات الدارة الإلكترونيّة. • أركب الدارة الإلكترونيّة وأشغِّل الآرمة، وأَتَحَقَّق من عملها حسب المطلوب، • استخدم جهاز (DMM) لفحص وتحديد جهد الدخل والخرج. • أتأكّد من الوثائق والنماذج الّتي تمّ تعبئتها خلال أداء المهمة. • أعيد العِدَد والأدوات المستخدمة لمكانها، وأنظّف موقع العمل.	• العصف الذهني • عمل المجموعات • الحوار والمناقشة	• طلب صاحب المنزل. • الوثائق والتقارير. • المواصفات الفنّيّة. • المخطّطات الإلكترونيّة • القرطاسيّة. • أجهزة القياس والفحص الإلكترونيّة. • كتب المكافئات.
أوثّق، وأعرض	• أوثق نتائج جمع البيانات حول: - مخطط الدارة الإلكترونيّة ومبدأ عملها. - المواصفات الفنّيّة للقطع المستخدمة ومبدأ عملها. • أنشئ ملفاً لهذه الحالة.	• الحوار والمناقشة. • العمل الجماعي	• جهاز العرض (LCD). • جهاز الحاسوب. • نماذج عمليّة. • برامج رسم الدارات الكهربائيّة وتتبعها.

	• أجهّز تقريراً فنيّاً لصاحب المحل. • أُعِدّ تَقريراً كاملاً بالعمل.		• قرطاسية.
أقوّم	• أقارن بين عمل الدارة عمليّاً ونظريّاً بناء على المخطّط. • أقارن بين قيم الجهد والتيّار العمليّة والنظرية. • أقيّم عمليّة التصميم والتركيب من حيث الوقت والإخراج. • أُعبِّئ نموذج التقييم.	• النقاش الجماعي. • البحث العلمي.	• طلب صاحب المحل. • المواصفات والكتالوجات. • المخطّطات الفنيّة. • الكتب العلميّة ذات العلاقة. • ورقة / نموذج العمل الخاص بالتقييم. • برامج رسم الدارات الكهربائيّة المحوسبة. • القرطاسيّة.



تمرين إضافي:

1 - يبيّن الشكل المجاور دارة إلكترونيّة باستخدام مفتاح ترانزستوري ومرحل ومقاومة ضوئية:



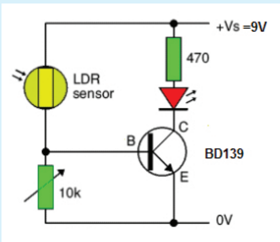
- صل الدارة حسب المخطّط المرفق.
- صل حملاً يعمل على 12 فولت على ملامسات المرحّل .
- شغّل الدارة، وتأكد من عملها.
- هل يعمل الحمل في الإضاءة أم التعتيم؟
- قم بعكس عمل الدارة.
- ما وظيفة المرحّل في الدارة؟
- استبدل الحمل في الخطوة الثانية بحمل يعمل على 220 فولت.

الأسئلة:

1. ما العطل الناتج عن توصيل المصابيح على التوالي للآرم في حالة تعطل أحد المصابيح؟
2. في أي من مناطق العمل يستخدم الترانزستور كالمفتاح؟
3. ابحث عن دارة أخرى لتشغيل الآرمة، بحيث تعمل ليلاً، وتطفئ نهارا بشكل آلي، وقم بتنفيذها.
4. ابحث عن طرق تحسين دارة المفتاح الترانزستوريّ لضمان عمله في حالة الفصل والوصل.
5. عدِّد تطبيقات المفتاح الترانزستوريّ.

أتعلَّم: بناء دائرة مفتاح ترانزستوري.

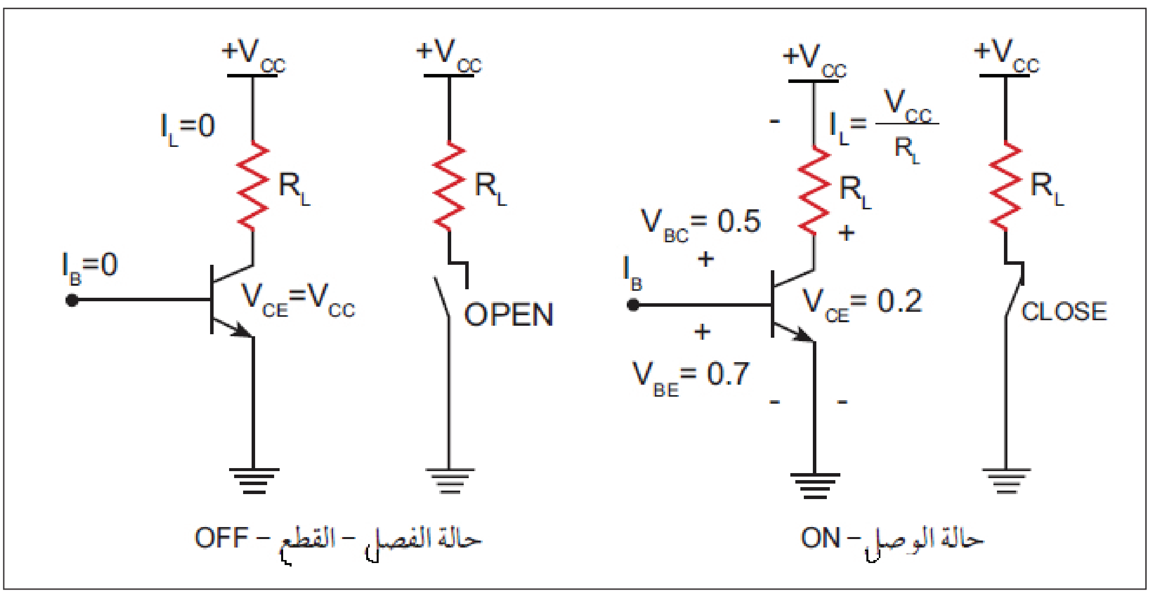
نشاط (1):



يبين الشكل المجاور دارة إلكترونيّة، أجب عما يأتي:
- بيّن مكوّنات الدارة.
- تتبّع مخطط الدارة، وبين متى يعمل ثنائي الضوئي.
- ركّب الدارة، وتحقق من عملها.

المفتاح الترانزستوريّ

الترانزستور كمفتاح إلكترونيّ يستخدم في عمليّة وصل الأحمال وفصلها، ويبيّن الشكل (1) دارة المفتاح الترانزستوريّ، والدارة المكافئة للمفتاح الترانزستوريّ باستخدام المفاتيح، يمتاز المفتاح الإلكترونيّ على المفاتيح الميكانيكية بسرعة الإطفاء العالية، وقلة الصيانة، وخفة الوزن، وانخفاض التكلفة.



الشكل(1): المفتاح الترانزستوريّ

مناطق عمل الترانزستور

أ - المنطقة الفعّالة (Active Region): في هذه المنطقة تكون وصلة القاعدة (المجمع) منحازة عكسيّاً

ووصلـة القاعـدة (الباعـث) منحـازة أماميـا، ومـن خصائـص هـذه المنطقـة:

1 - أن تيّار المجمع يزداد بزيادة تيّار القاعدة.

2 - تيار القاعدة صغير مقارنة بتيار المجمع والباعث.

3 - يستخدم الترانزستور في هذه المنطقة كمضخم لتكبير الإشارات (Amplifier).

ب - منطقة القطع (Cut Off Region): في هـذه المنطقـة تكـون كل مـن وصلـة القاعـدة الباعـث منحـازة عكسيّاً ووصلـة القاعـدة –المجمـع المجمـع منحـازة عكسيّاً. ويحـدث ذلـك عندمـا يسـاوي تيّـار القاعـدة صفـراً. ومـن خصائـص هـذه المنطقـة:

1 - تيار المجمع يساوي تيّار التسرّب العكسي عندما يكون تيّار القاعدة صفراً.

2 - يستخدم الترانزستور في هذه المنطقة كمفتاح في حالة القطع (الفصل) (Off Switch).

3 - الجهد بين المجمع والباعث يساوي جهد المصدر VCE=VCC.

ج- منطقـة التشبّع (Saturation Region): بالإسـتعانة بالشـكل (1) تكـون وصلـة القاعـدة – المجمـع منحـازة أماميـا، ويكـون الجهـد عليهـا يسـاوي 0.5V، ووصلـة القاعـدة الباعـث منحـازة أماميـا، ويكـون الجهـد عليهـا 0.7V، ومـن خصائـص هـذه المنطقـة:

1 - يستخدم الترانزستور في هذه المنطقة كمفتاح وصل (On Switch).

2 - يكون الجهد بين المجمع والباعث (0.2V).

3 - أي زيادة في تيّار القاعدة لا يؤدّي إلى تغير في تيّار المجمع بشكل ملحوظ، حيث يبقى ثابتا، ويعتمد على الحمل.

4 - يطلق على تيّار المجمع والقاعدة بتيار التشبّع IC(SAT)، IB(SAT).

5 - يكون الجهد على الحمل يساوي جهد المصدر تقريباً.

يتـم تشـغيل الترانزسـتور كمفتـاح فـي منطقتـي القطـع والتشـبّع. ويتـم تحليـل دارة المفتـاح الترانزسـتوريّ، وكتابـة المعـادلات الَّتـي تحكـم عملـه مـن خـلال الشـكل(2):

1. **المجمع الباعث:** من خلال قانون كيرشوف فإن:

$$V_{CC}=I_C \times R_L + V_{CE}$$

في حالة التشبّع:

$$V_{CC}=I_C \times R_L + 0.2$$

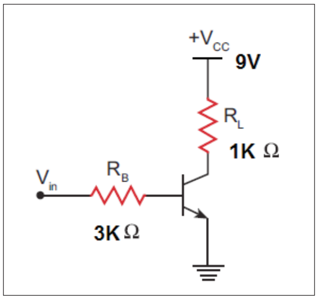
$$I_{C(SAT)} = \frac{Vcc - 0.2}{R_L}$$

2. **القاعدة الباعث:**

$$V_{in}=I_B \times R_B+V_{BE}$$

في حالة التشبّع:

$$I_{B(SAT)} = \frac{Vin - 0.7}{R_B}$$



الشكل(2): دارة المفتاح الترانزستوريّ

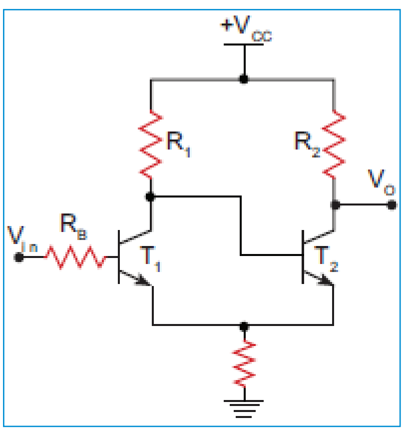
معامل كسب التيّار، ويرمز له بالرمز β وتقرأ (BETA)، وتحدّد العلاقة بين تيّار المجمع وتيار القاعدة في دائرة الباعث المشترك حسب العلاقة الآتية:

$$\beta = \frac{I_c}{I_B}$$

سؤال:

احسب قيمة جهد الدخل V_{in} اللازم لوضع الترانزستور في حالة التشبّع للدارة المبينة بالشكل (2) إذا كان معامل الكسب $\beta = 20$

دارة تشكيل النبضات الكهربائيّة (قادح شميت Schmitt Trigger)



الشكل(3): قادح شميت

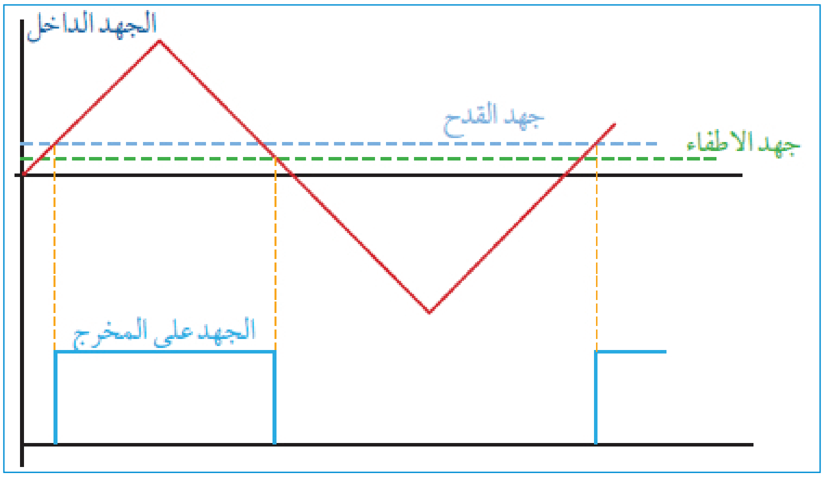
تعد هذه الدارة من تطبيقات المفتاح الترانزستوريّ، وهي تستخدم لإعادة تشكيل النبضات الكهربائيّة ذات الحافات غير الحادة؛ مما يمكن من الحصول على موجات مربّعة أو مستطيلة، بغض النظر عن شكل موجة الدخل الأصلية، ويبيّن الشكل(3) تركيب الدارة

مبدأ عمل الدارة

عند غياب إشارة الدخل V_{in} أو انخفاضها على الترانزستور الأول يكون في حالة القطع، ويكون جهد المجمع له مرتفع، والذي يكون بمثابة جهد القدح للترانزستور الثاني T_2 فينتقل إلى حالة الوصل، فيكون جهد الخرج له يساوي الصفر تقريباً.

وعند ارتفاع فولتية المدخل V_{in} للترانزستور الأول T_1 ينتقل إلى حالة التوصيل فتقل فولتية مجمعه، والتي هي بمثابة تيّار القاعدة للترانزستور الثاني T_2، فينتقل إلى حالة القطع فيرتفع جهد المجمع للترانزستور الثاني إلى جهد المصدر وهكذا.

تكـون فولتيـة الخـرج بيـن قيمـة عظمـى تسـاوي V_{CC} وقيمـة دنيـا تسـاوي الصفـر تقريبـاً. ويبيّـن الشـكل (4) إشـارة الدخـل V_{in} والخـرج V_o، وتكـون علـى شـكل موجـة مربّعـة أو مسـتطيلة.



الشكل (4): شكل إشارة الدخل والخرج لدارة قادح شميت

4-3 الموقف التعليميّ التعلّمي: بناء دائرة ترانزستور ثنائي الوصلة كمضخم إشارة.

وصف الموقف التعليميّ:

(أحضر صاحب قاعة أفراح مكبر صوت (150W) لورشة الإلكترونيّات، حيث إن صوته أصبح غير واضح، ويريد إصلاح الخلل، وشراء ما يلزم).

العمل الكامل:			
خطوات العمل	وصف الموقف الصفي	المنهجيّة (إستراتيجيّة التعلّم)	الموارد حسب الموقف التعليميّ
أجمعُ البيانات وأحللها	• أجمع البيانات من صاحب القاعة حول اللوحة لوحة مكبر الصوت من حيث: 1. نوع الجهاز. 2. طبيعة الخلل، وهل هو دائم أم متقطع؟ 3. هل تمّ عرض هذه اللوحة على ورشة صيانة سابقة؟ 4. مدة الاستخدام. 5. عدد السماعات الموصولة مع مكبر الصوت. • أجمع البيانات حول: 1. نوع الجهاز والمخطّط الكهربائيّ للوحة الإلكترونيّة الخاصة بمكبر الصوت. 2. القطع الإلكترونيّة المكونة للوحة ومواصفاتها ومبدأ عملها. 3. كيفية فحص السماعات. 4. كيفية توصيل السماعات على التوالي والتوازي. 5. عناصر الدائرة الإلكترونيّة (مكبر الصوت). 6. عمل الترانزستور كمكبر إشارة وداراته.	• الحوار والمناقشة. • البحث العلمي. • العصف الذهني. • العمل التعاوني.	• طلب صاحب القاعة الكتابي (وصف المهمة، كتاب رسمي) • كتالوجات الشركات المصنعة وكتب المكافئات للعناصر المتنوّعة. • مخطّطات الدارات الكهربائيّة. • المواصفات الفنّيّة للقطع المستخدمة. • لوحات إلكترونيّة لمكبرات تالفة. • أجهزة الفحص والقياس • الكتب العلميّة ذات العلاقة. • الشبكة العنكبوتيّة (الإنترنت) والمواقع العلميّة الموثوقة (المحكّمة). • القرطاسيّة.

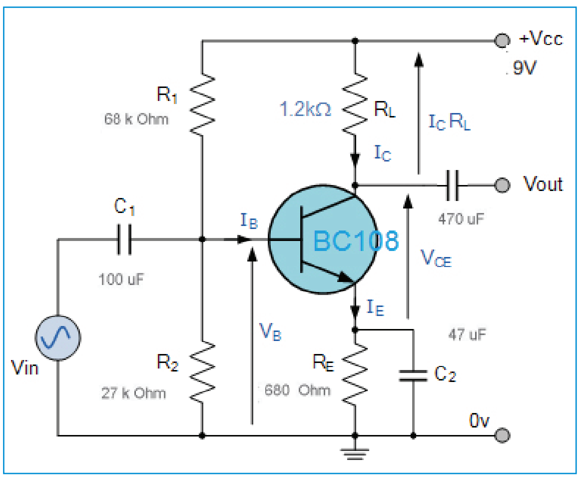
أُخطط، وأقرّر	• أصنِّف البيانات الَّتي تمّ جمعها حول (نوع الجهاز، واللوحة، ومخططها التمثيلي، ومكوّناتها، ومواصفات قطعها الفنيّة، واستخداماتها، وأعطالها، ودارات عمل الترانزستور كمكبر إشارة). • أتتبع وأرسم وحدة التغذية الرئيسية. • أرسم مخطط دائرة عمل ترانزستور ثنائي الوصلة كمضخم إشارة.	• العصف الذهني • الحوار والمناقشة • العمل التعاوني. • البحث العلمي.	• نماذج جمع البيانات. • نموذج جدولة وقت تنفيذ المهام (الخطة). • طلب صاحب القاعة. • الشبكة العنكبوتيّة. • الكتب العلميّة ذات العلاقة.
أُخطط، وأقرّر	• أحدِّد المواصفات الفنيّة للقطع المستخدمة. • أحدِّد قيمة ممانعة الدخل والخرج للمكبرات. • أكتب المعادلات الحسابية اللازمة. • أعدّ جدولاً بالبدائل المقترحة لاستبدال القطع التالفة ومواصفاتها وجدوى الاستبدال. • أحدِّد الأدوات والعِدَد والأجهزة اللازمة • أُعدّ خطّة لتنفيذ العمل تتضمن زمن المهمة والوقت المقدر.		• مخطّطات دارات المكبرات. • برامج رسم الدارات. • القرطاسيّة اللازمة. • كتب المكافئات. • المعادلات الحسابية.
أنفّذ	• أُراعي قواعد الأمن والسلامة العامة، وأنتبه إلى: 1. عدم ملامسة اليد لأطراف الترانزستورات عند الفك والتركيب. 2. أحضّر العِدَد والأدوات المناسبة لعمليّة الفك والتركيب.. 3. أفحص العناصر الإلكترونيّة وأحدِّد التالف منها. 4. أحدِّد سبب العطل والأسباب المحتملة. 5. أفك القطع التالفة ولحام القطع الجديدة مكانها. 6. أقوم بتوصيل الدارة الإلكترونيّة المطبوعة مع السماعات.	• العمل التعاوني. • البحث العلمي. • حل المشكلات.	• اللوحة الإلكترونيّة المطلوبة. • دليل الشركات المصنعة. • جهاز(DMM). • مصدر جهد مستمر. • مصدر جهد متناوب. • جهاز راسم إشارة. • جهاز مولد إشارة. • عدّة اللِّحام. • أسلاك توصيل متنوّعة. • لوحة توصيل. • قرطاسية.

أتحقّق	• أُراعي قواعد الأمن والسلامة العامة، وأنتبه إلى عدم ملامسة اليد لأطراف الترانزستور، وتوصيل السماعات مع المكبّر. • أَتَحَقَّق من توصيلات لوحة التحكم حسب المخطّط. • أركب اللوحة على الجهاز، وأقوم بتشغيلها، والتأكّد من عملها. • أَتَحَقَّق من القيم المقاسة عمليّاً للجهد والتيّار والقدرة والقيم النظرية. • أَتَحَقَّق من إشارة الدخل والخرج. • أتأكّد من الوثائق والنماذج الَّتي تمّ تعبئتها خلال أداء المهمة. • أعيد العِدَد والأدوات المستخدمة لمكانها، وأنظّف موقع العمل.	• العصف الذهني • عمل المجموعات. • لعب الأدوار. • الحوار والمناقشة •	• طلب صاحب القاعة. • الوثائق والتقارير. • المواصفات الفنيّة. • المخطّطات الإلكترونيّة • القرطاسيّة. • أجهزة القياس والفحص الإلكترونيّة. • كتب المكافئات.
أوثّق، وأعرض	• أوثق نتائج جمع البيانات حول: 1. نوع مكبر الصوت، وطبيعة لوحة التحكم، والعطل، ودارة توصيل اللوحة الكهربائيّة معه. 2. دارات تكبير الإشارة باستخدام الترانزستورات المتنوّعة، ومبدأ عملها، وحساباتها. 3. طرق فحص إشارة الدخل والخرج. 4. أعطال مكبرات الإشارة. 5. تطبيقات على المكبرات. • أنشئ ملفّاً لهذه الحالة. • أجهّز تقريراً فنيّاً لصاحب القاعة. • أُعِدّ تَقريراً كاملاً بالعمل.	• الحوار والمناقشة. • أعرض النتائج مستخدماً برنامج البوربوينت، أو أي برنامج مناسب بمنهجيّة لعب الأدوار.	• جهاز العرض (LCD). • جهاز الحاسوب. • نماذج عمليّة. • برامج رسم الدارات الكهربائيّة وتتبعها. • قرطاسية.

أقوّم	• أقارن بين عمل الجهاز قبل الصيانة وبعد إجراء الصيانة للوحة الإلكترونيّة. • أقارن بين القيم العمليّة والقيم النظرية لكل من جهد وتيار الدخل والخرج (القدرة)، ومعامل الكسب. • أقيّم عمليّة الصيانة من حيث الوقت والإخراج. • أُعبِّئ نموذج التقييم.	• النقاش الجماعي. • البحث العلمي.	• طلب صاحب المنزل. • المواصفات والكتالوجات. • المخطّطات الفنيّة. • الكتب العلميّة ذات العلاقة. • ورقة / نموذج العمل الخاص بالتقييم. • برامج رسم الدارات الكهربائيّة المحوسبة. • القرطاسيّة.

تمرين إضافي (1):

- يبين الشكل التالي مكبر باعث مشترك، والمطلوب:



1 - ركِّب الدائرة كما في الشكل.

2 - اضبط مولد الإشارة على موجة جيبيّة ترددها 1KHZ واتساعها 10mV.

3 - صل راسم الإشارة/ القناة الأولى على المدخل، والقناة الثانية على المخرج، وارسم شكل إشارة الدخل والخرج.

4 - احسب كسب الجهد، ولاحظ نسبة التكبير.

تمرين إضافي (1):

يبين الشكل التالي دارة مضخم صوت 10 W باستخدام الرقاقة TDA2003: قم بما يأتي:

1 - توصيل الدارة حسب المخطّط المرفق.

2 - توصيل مصدر جهد مستمر (8-18) فولت.

3 - توصيل سماعة 4Ω.

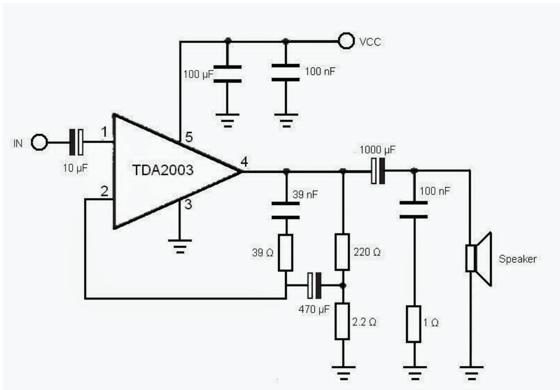
4 - توصيل مصدر صوتي من خرج جهاز صوتي.

5 - إذا أردت توصيل ميكروفون أضف إلى الدارة مرحلة تكبير أولية؛ لأنّ إشارة الميكروفون صغيرة جدّاً مع قصر

المكثّف (10µf)

6 - تركيب مبدد حراري للرقاقة لتبديد الحرارة.

7 - تدرب على تنفيذ الدارة على لوحة مطبوعة وتشغيلها.



الأسئلة:

1. اكتب تقريراً عن أعطال مكبرات الصوت.
2. ما تأثير تغير التردّد على الدارة؟
3. ما أثر تقليل جهد التغذية على موجة الخرج؟
4. لديك جهاز مضخم صوت لا يخرج صوتاً نهائياً، ما أسباب العطل المحتملة لذلك؟
5. افتح جهاز تكبير صوتي لسيارة كما هو مبين في الشكل، وحدِّد مكبر القدرة الصوتي المستخدم، ونوعه، وقدرته، كذلك مداخله، ومخارجه.



أتعلَّم: بناء دائرة ترانزستور ثنائي الوصلة كمضخم إشارة.

نشاط (1):

ابحث فيما يأتي: أنواع الميكروفونات، وأعطال السماعات وطرق تحديد صلاحيتها.

من مواصفات دوائر التكبير أن تكون ممانعة الدخل عالية وممانعة الخرج منخفضة، لأنّ الإشارة القادمة للتكبير تكون صغيرة وذات تيّار قليل؛ لذلك يفضل أن تكون ممانعة الدخل عالية. وأيضاً أن تكون ممانعة الخرج قليلة؛ حتى تبقى الإشارة الخارجة من المكبر كبيرة.

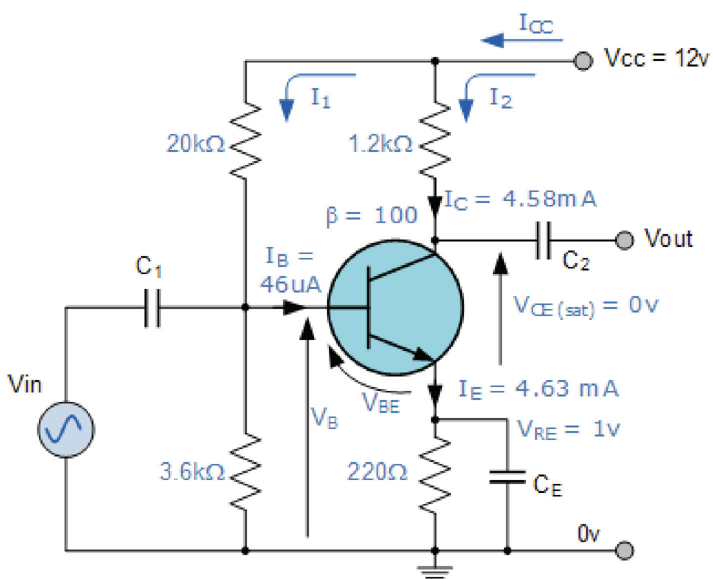
داراتُ الترانزستور الأساسيّة

تختلف دارات الترانزستور باختلاف الطرف المشترك بين الدخل والخرج، ولكل منها عدة مزايا، ولا تخلو من بعض العيوب، ويتمّ اختيار الدارة حسب التطبيق وهذه الدارات هي:

1. دارة الباعث المشترك (Common Emitter)

يبين الشكل (1) دارة باعث مشترك:

- معامل الكسب للجهد والتيّار عالي نسبيا.
- يوجد فرق في الطور بين إشارة الدخل والخرج مقدارها 180 درجة.
- ممانعة الدخل والخرج متوسطة (تقاس بوحدة الكيلو أوم).

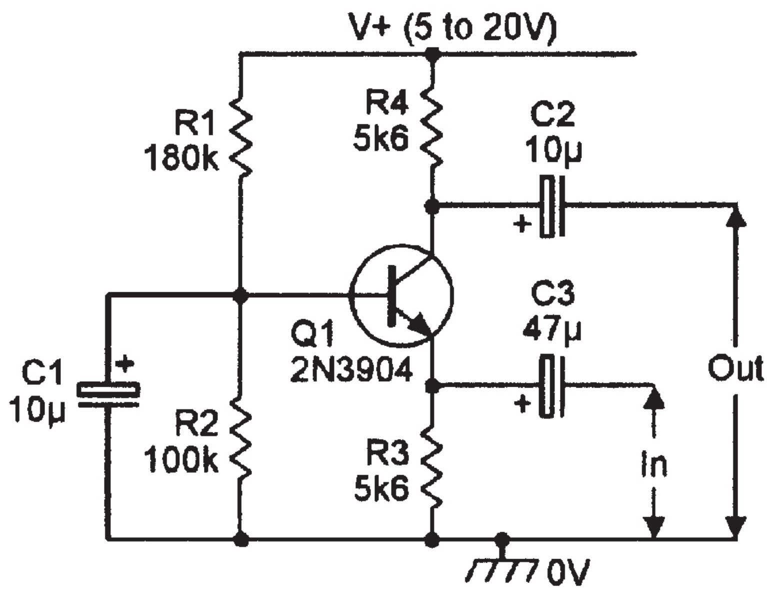


الشكل(1): دارة الباعث المشترك

2. دارة القاعدة المشتركة (Common Base)

يبين الشكل(2) دارة القاعدة المشتركة، ومن ميزاتها:

- كسب جهد عالٍ جدا.
- لا يوجد فرق في الطور بين الدخل والخرج.
- لا يوجد كسب للتيار معامل الكسب أقل من واحد.
- ممانعة الدخل منخفضة
- ممانعة الخرج عالية.
- تستخدم في مواءمة الممانعة لربط دارتين معا.

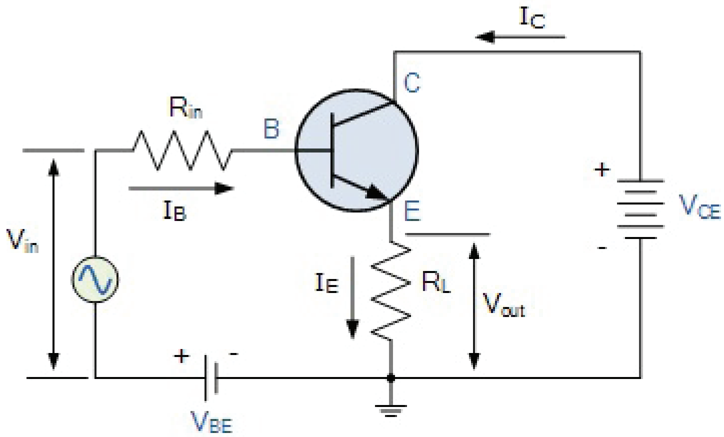


الشكل (2): دارة القاعدة المشتركة

3. دارة المجمع المشترك Common Collector

يبين الشكل(3) دارة المجمع المشترك، ومن ميزاتها:

- كسب عالٍ للتيار.
- لا يوجد كسب للجهد (معامل التضخيم أقل من واحد).
- لا يوجد فرق في الطور بين الموجة الداخلة والخارجة.
- ذات ممانعة دخل عالية.
- ذات ممانعة خرج منخفضة.
- تستخدم في مواءمة الممانعة لربط دارتين (مقاومة خرج عالية، ومقاومة دخل منخفضة).

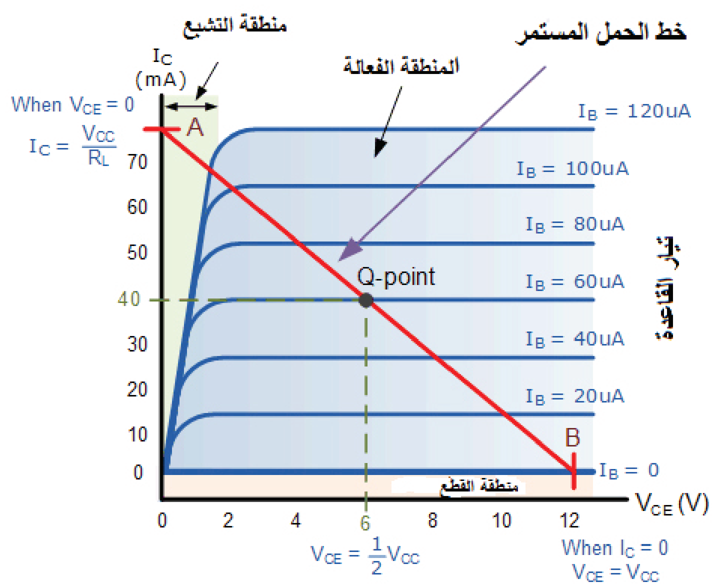


الشكل (3): دارة المجمع المشترك

انحياز الترانزستور

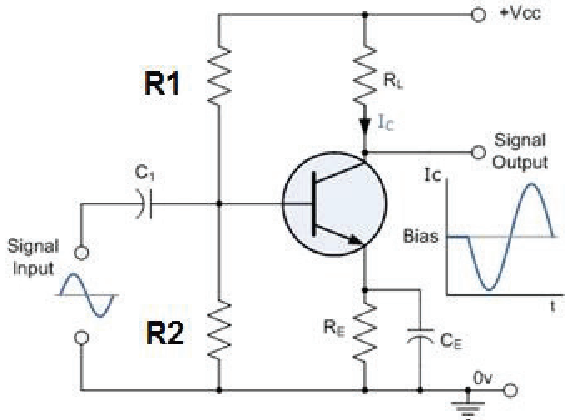
من أجل استخدام الترانزستور كمكبر (مضخم) يجب تحديد نقطة الاشتعال (Q-Point) عن طريق استخدام شبكة من المقاومات، بالإضافة إلى فولتية مستمرة مناسبة.

ويوضّح الشكل (4) منحنى خصائص الترانزستور، الذي يمثل العلاقة بين تيّار المجمع I_C وجهد المجمع الباعث V_{CE} وتيار القاعدة I_B كذلك يبين الشكل نقطة عمل الترانزستور Q-Point المثلى عندما تكون $V_{CE}=1/2\ V_{CC}$ والتي يمكن أن تتغير نتيجة ارتفاع الحرارة؛ مما يؤدّي إلى تشوه إشارة الخرج.



الشكل (4): منحنى خصائص الترانزستور

ولكي يعمل الترانزستور بكفاءة يجب توفير فولتيات انحياز ملائمة من حيث القطبية والقيمة، حيث إن عكس القطبية يؤدّي لوقف الترانزستور عن العمل، والفولتيّة غير الصحيحة تؤدي لتشوه إشارة الخرج للترانزستور، لذلك يتم ضبط فولتية المجمع الباعث V_{CE} عند قيمة تساوي نصف فولتية التغذية؛ لتطابق إشارة الدخل والخرج من حيث الشكل، ويبيّن الشكل(5) دارة مكبر باعث مشترك.



الشكل(5): دارة مكبر باعث مشترك.

وظيفة العناصر الإلكترونيّة في دائرة التكبير في الشكل (5):

الترانزستور: تكبير الجهد والتيّار (توصيلة الباعث المشترك).

- المقاومة R_1، R_2: مجزئ جهد لانحياز القاعدة.
- المقاومة R_C: انحياز المجمع.
- مقاومة الباعث R_E: هي عبارة عن مقاومة توازن تعمل على استقرار انحياز الترانزستور عند ارتفاع درجة الحرارة، ومن عيوبها أنها تقلّل معامل التكبير.
- المكثّف C_E: هو عبارة عن مكثّف إمرار الإشارة المُتغيِّرة إلى الأرضيّ، ويمنع التغذية العكسية من الوصول للمصدر.
- المكثّف C_1: مكثّف ربط، لربط إشارة المدخل بالمكبر.

الكسب (Gain):

الكسب: هو عبارة عن مقدار التضخيم الَّذي يوفره المضخم، وهناك عدة أنواع من الكسب:

1 - كسب الجهد: وهو عبارة عن النسبة بين جهد الخرج وجهد الدخل، ويرمز له بالرمز A_V، ويساوي:

$$AV = \frac{Vo}{Vin}$$

2 - كسب التيّار: وهو عبارة عن النسبة بين تيّار الخرج وتيار الدخل، ويرمز له بالرمز A_i ويساوي:

$$Ai = \frac{I_o}{I_{in}}$$

3 - كسب القدرة: وهو عبارة عن النسبة بين قدرة الخرج وقدرة الدخل، ويرمز له بالرمز (A_p) ويساوي:

$$A_p = \frac{Po}{Pin}$$

$$A_p = A_V \times Ai$$

معامل كسب التيّار: ويرمز له بالرمز β (Beta) لدارة الباعث المشترك وتساوي:

$$\beta = \frac{IC}{IB}$$

ويرمز لها في لوحة البيانات أحيانا بالرمز h_{FE}

أما في دارة القاعدة المشتركة فيرمز لها بالرمز α وهي عبارة عن النسبة بين تيّار المجمع وتيار الباعث

$$\alpha = \frac{I_C}{I_E}$$

ويمكن الربط بين α و β من خلال العلاقة الآتية:

$$\beta = \frac{\alpha}{1+\alpha}$$

سؤال:

ترانزستور يعمل بتيار مجمع قيمته (40 mA)، وتيار قاعدة قيمته (2mA) والجهد على المخرج (5 V) والجهد على المدخل (0.2 V) احسب:

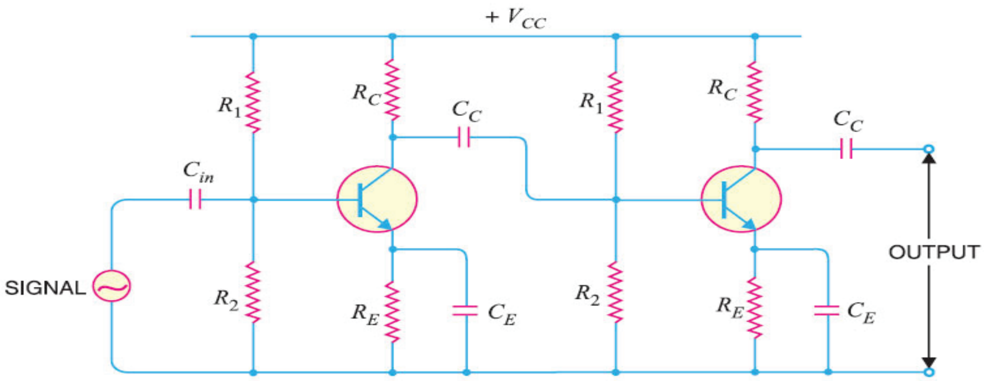
1 - تيار الباعث
2 - معامل الكسب β
3 - معامل كسب الجهد
4 - معامل كسب القدرة

طرق الربط بين المكبرات متعددة المراحل

أحيانا نحتاج الحصول على تضخيم عالٍ، ولا يمكن الحصول عليه من مرحلة تكبير واحدة، لذلك نستخدم أكثر من مرحلة للحصول على التكبير المطلوب، ويوجد عدة طرق للربط بين مراحل التكبير، وهي:

طريقة الربط باستخدام مكثّف ومقاومة

في هذه الطريقة يتم ربط مخرج المرحلة الأولى بمدخل المرحلة الثانية بواسطة مكثّف، كما هو مبين في الشكل (6)، ويعمل المكثّف على إمرار الإشارة المتناوبة، ويمنع مرور إشارة (D.C) من الوصول إلى المراحل اللاحقة لمنع تكبيره وإحداث تشويش (Noise) على إشارة الخرج النهائية.

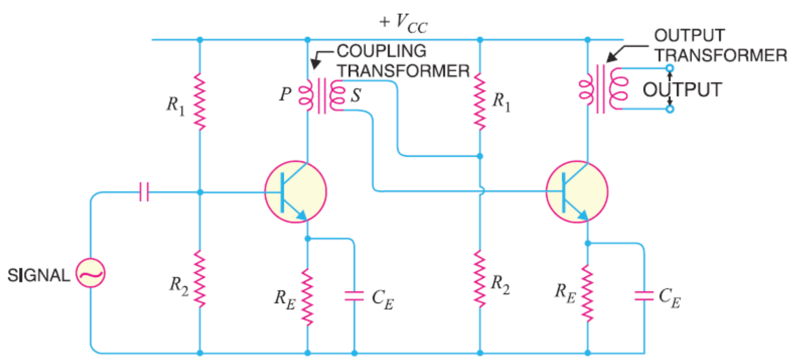


الشكل(6): الربط باستخدام مواسع

طريقة الربط باستخدام محول

في هذه الطريقة يتم ربط مخرج المرحلة الأولى بمدخل المرحلة الثانية بواسطة المحوّل، كما هو مبين في الشكل (7)، ومن **ميزات الربط بهذه الطريقة ما يأتي:**

1 - نقل أكبر كمّيّة من الطاقة. 2 - توفيق الممانعة.



الشكل(7): الربط باستخدام محول

من مساوئ الربط بهذه الطريقة:

1 - المحول كبير.

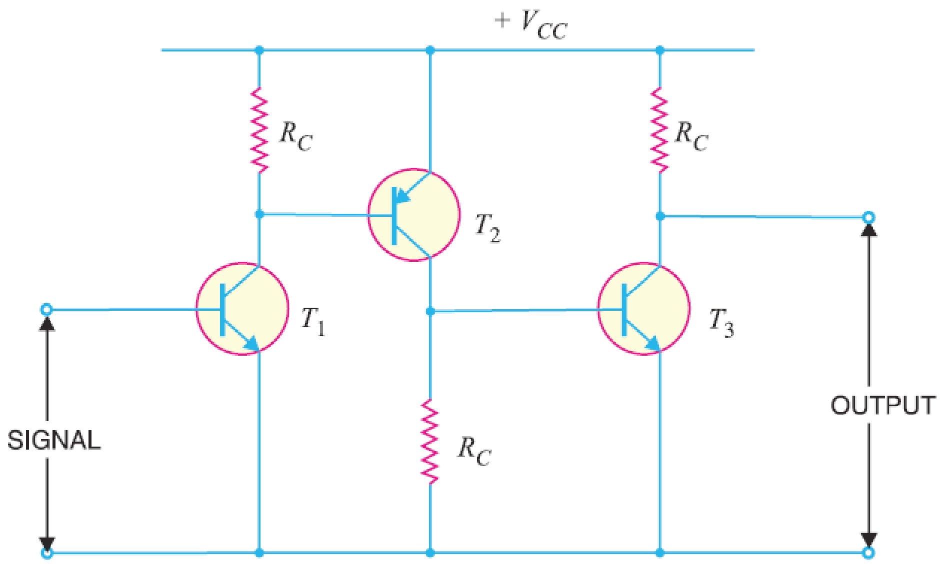
2 - ثقيل الوزن.

3 - تكلفته عالية.

4 - المجال الترددي محدود.

الربط المباشر

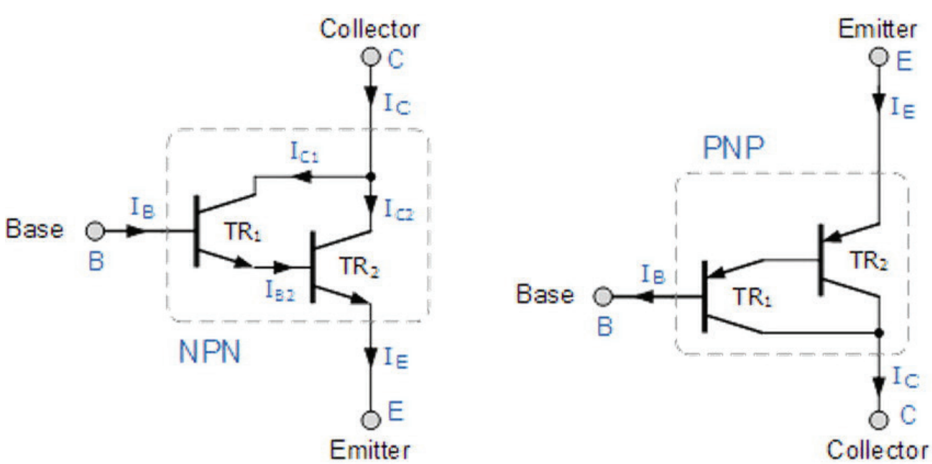
ويبيِّن الشكل (8) طريقة الربط المباشر، حيث يتم ربط المرحلة السابقة بمدخل المرحلة التالية مباشرة، ومن مساوئ الربط بهذه الطريقة أنها تسمح بمرور التيّار المباشر (D.C) إلى المراحل اللاحقة؛ مما يؤدّي إلى تكبيره، وإحداث تشويش في إشارة الخرج النهائية.



الشكل(8): الربط المباشر

توصيلة دارلنجتون:

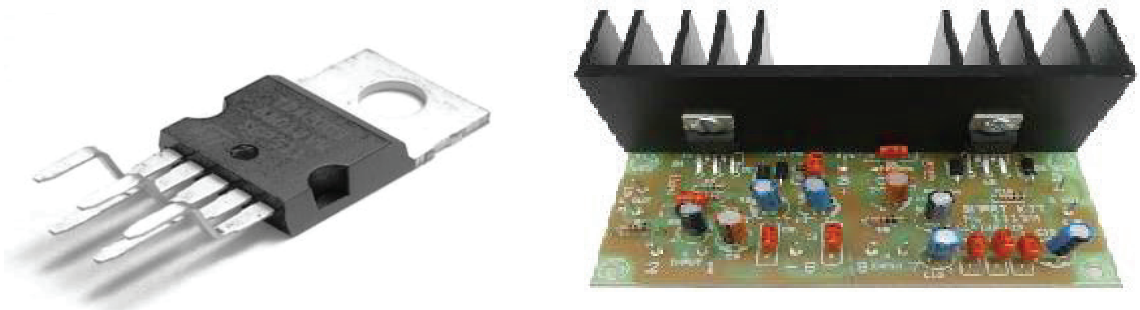
يتم وصل مجمع الترانزستوريّن معا، ويتّصل باعث الأول بقاعدة الترانزستور الثاني، كما يبين الشكل (9)، حيث يعمل الترانزستور الثاني على تضخيم تيّار الترانزستور الأول، ويستخدم بهدف تكبير التيّار، ويصنع داخل دارة متكاملة وله ثلاثة أطراف ويوجد منه نوعان (PNP)، (NPN)



الشكل(9): توصيلة دارلنجتون

مكبرات القدرة (Power Amplifier)

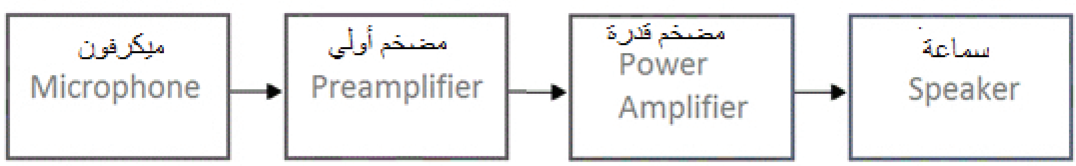
تكبير الإشارة: هو عبارة عن زيادة قيمة إشارة الدخل، وقد تكون جهداً، أو تيّاراً، أو إشارة صوتية، أو غير ذلك، ويستخدم في دوائر تكبير القدرة مجموعة من الترانزستورات، أو تكون مصنوعة داخل رقاقة واحدة (IC)، ولها القدرة على تبديد الحرارة، وتزوّد بمبدّدات حرارية، ويبيّن الشكل (10) بعض أنواعها، مثل (TDA2003)، و (TDA2030) وغيرها ويوجد مكبرات أخري سطحية (SMD) تستخدم في الأجهزة الخلوية وشاشات (LCD)، وذلك لتقليل سماكة الأجهزة.



الشكل (10): مكبر صوت (TDA2003) وطريقة تثبيت المبدد حراري

مكوّنات النظام الصوتي

الشكل(11) المخطّط الصندوقي لنظام صوتي



يبين الشكل (11) المخطّط الصندوقي لنظام صوتي ومكوّناته.

- الميكرفون: يعمل على تحويل الإشارة الصوتية إلى إشارة كهربائيّة.
- المضخم الأولي: يعمل على تضخيم الإشارة الكهربائيّة الصغيرة الخارجة من الميكرفون لعمل مضخم القدرة.
- مضخم القدرة: يعمل على تضخيم الإشارة إلى الحد الكافي لتشغيل السماعات حسب قدرة المضخم.
- السماعات: تحويل الإشارة الكهربائيّة المضخمة إلى إشارة صوتية.

أسئلة الوحدة

السؤال الأول: ضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة لكلّ ممّا يأتي:

1. ما عدد وصلات ترانزستور ثنائي القطبية (BJT)؟

أ- ثلاث وصلات. ب- وصلتان. ج- أربع وصلات. د-وصلة واحدة.

2. كيف يكون انحياز ترانزستور (NPN)؟

أ- المجمع سالب بالنسبة للقاعدة. ب- الباعث موجب بالنسبة للمجمع، وسالب بالنسبة للقاعدة.

ج- القاعدة سالبة بالنسبة للباعث. د- القاعدة موجبة بالنسبة للباعث، وسالبة بالنسبة للمجمع.

3. في أي منطقة يعمل الترانزستور كمفتاح؟

أ- القطع والفعّالة. ب-التشبّع والفعّالة. ج-التشبّع. د-القطع والتشبّع.

4. ما شكل الموجة على مخرج دارة قادح شميت؟

أ- مربّعة أو مستطيلة. ب- مثلّثة أو مستطيلة. ج-جيبيّة أو مربعة. د- مربّعة أو مثلّثة.

5. ما قيمة ممانعة الدخل لترانزستور تأثير المجال أكسيد المعدن (MOSFET)؟

أ- عالية. ب- منخفضة. ج- متوسطة. د-تساوي تقريباً صفراً.

6. في أي منطقة يعمل الترانزستور كمضخم؟

أ- التشبّع والقطع. ب-القطع. ج- التشبّع والفعّالة. د-الفعّالة.

7. في أي من دارات المكبرات يكون معامل كسب الجهد أعلى من معامل كسب التيّار؟

أ- المجمع المشترك. ب- القاعدة المشتركة.

ج- الباعث المشترك. د- المجمع والقاعدة المشتركة

8. ما سبب استخدام دارة المجمع المشترك في مواءمة الممانعة؟

أ- ممانعة الدخل والخرج منخفضة. ب- ممانعة دخل عالية وممانعة خرج منخفضة.

ج- ممانعة الدخل والخرج عالية. د- ممانعة الدخل والخرج متوسطة.

9. أي من الأمور الآتية تُعَدّ من إيجابيات الربط باستخدام محوّل؟

أ-كبير الحجم. ب- ثقيل الوزن. ج-عالي الثمن. د-إمكانية توفيق الممانعة.

10. ما سبب استخدام الميكرفون؟

أ- لتحويل الإشارة الكهربائيّة إلى صوتية.

ب- لتضخيم الإشارة الصوتية.

ج- لتحويل الإشارة الصوتية إلى كهربائيّة.

د- لتقوية الإشارة الصوتية.

السؤال الثاني: علل ما يأتي:

1. يستخدم مكثّف إمرار (CE) على باعث الترانزستور.
2. الترانزستور الثاني في دارة دارلنجتون يكون ترانزستور قدرة.
3. استخدام مكثّف لربط مرحلتين تكبير معا.
4. استخدام مبددات حرارية لمضخمات القدرة.

السؤال الثالث: عدد مميزات كل مما يأتي:

1. دارة الباعث المشترك.
2. ترانزستور تأثير المجال نوع (MOSFET) على ترانزستور ثنائي القطبية.

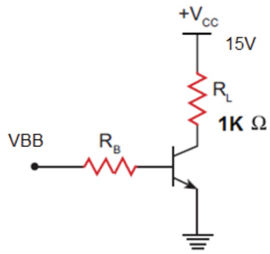
السؤال الرابع: اشرح ما يأتي:

3. عمل دارة قادح شميت.
4. عمل الترانزستور في منطقة القطع.
5. عمل وتركيب ترانزستور تأثير المجال (FET).
6. ترانزستور ثنائي القطبية نوع (PNP).

السؤال الخامس:

في دارة المفتاح الترانزستوريّ المبينة في الشكل احسب قيمة المقاومة (RB) الَّتي تجعل الترانزستور في منطقة التشبّع إذا علمت أن:

$1K\Omega = R_C$ ، $6V = V_{BB}$ ، $15V = V_{CC}$ ، $\beta = 100$



السؤال السادس: في الشكل المجاور وضِّح وظيفة العناصر الآتية:

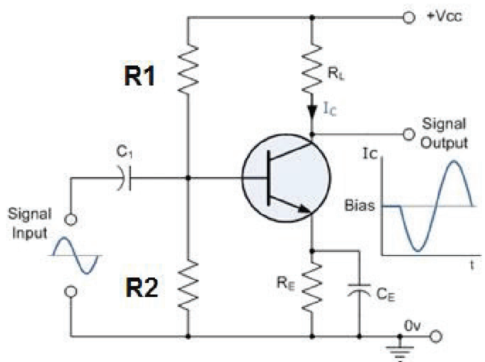
المقاومة R_C

7 - المكثّف C_1

8 - C_E

9 - R_E

10 - R_1 ، R_2



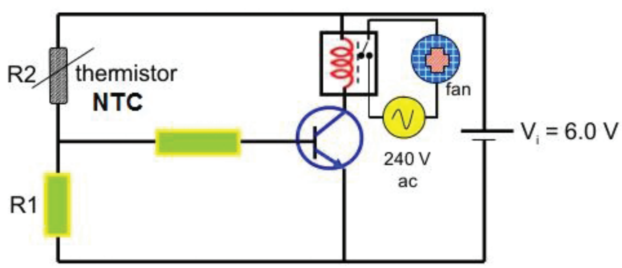
السؤال السابع: في الشكل المجاور:

1 - اشرح مبدأ عمل الدارة.

2 - ما أثر الأعطال الآتية على عمل الدارة؟

أ- الثيرمستور دارة قصر.

ب- الترانزستور دارة مفتوحة.



مشروع:

حضر صاحب مزرعة يرغب في عمل نظام ري أوتوماتيكي، بحيث يعمل على تشغيل مضخة لري المزروعات بشكل منتظم عندما تكون التربة جافة، وأثناء الليل صمّم الدارة المطلوبة باستخدام أحد برامج الحاسوب، وبخطوات العمل الكامل، وقم بطباعة الدارة على لوحة مطبوعة، وتشغيلها، والتأكّد من عملها.

5

الوحدة النمطيّة

مضخّم العمليّات



تطوّر استخدام مضخّم العمليّات في التطبيقات العمليّة والصناعيّة.

يتوقع من الطلبة بعد دراسة هذه الوحدة، والتفاعل مع أنشطتها، أن يكونوا قادرين على فحص مضخّم العمليّات وتشغيله، وبناء دارات عمليّة :

- **تركيب دارات مضخّم العمليّات الأساسيّة.**
- **تصميم تطبيقات عمليّة وتشغيلها باستخدام مضخّم العمليّات وصيانتها.**

الكفايات المهنية

الكفايات المتوقَّع امتلاكها من الطلبة بعد الانتهاء من هذه الوحدة:

أوّلاً- الكفايات الحرفيَّة

- القدرة على تركيب دارات مضخّم العمليّات الأساسيّة.
- القدرة على تصميم تطبيقات عمليّة وتشغيلها باستخدام مضخّم العمليّات وصيانتها.

ثانياً: الكفايات الاجتماعيّة والشخصية

- مصداقيَّة التعامل مع الزبون.
- الحفاظ على خصوصيَّة الزبون والمسؤوليّة والإحساس بالواجب.
- الضمان الذّاتيّ.
- الدِّقَّة في المواعيد.
- الموثوقيّة.
- تقبُّل النقد.
- التعامل بشكل بنّاء مع النزاعات.
- الاستقلاليّة.
- الموقف الإيجابيّ نحو التعلّم مدى الحياة.
- الموقف الإيجابيّ نحو المهام والعمل والحياة.
- المبادرة والاستجابة والالتزام بالعلاقات الاجتماعيّة.
- المسؤوليّة الاجتماعيّة.
- قبول توزيع الأدوار.
- القدرة على التأمُّل الذّاتيّ والتَّفهُّم والمشاركة في التفاعلات.
- التواصل والاتصال الفعّالين مع الزبون، والمظهر اللائق.
- التمثُّل بأخلاقيّات المهنة في العمل.
- الاستعداد لاستشارة ذوي الخبرة والاختصاص.

ثالثاً: الكفايات المنهجية

- العمل التعاوني (لعب الأدوار، والمحاكاة، وفرق العمل، والبحث العلميّ، والمجموعات... إلخ)
- الحوار والمناقشة.
- البحث العلميّ.
- العصف الذِّهنيّ (استمطار الأفكار).

وسائل وإجراءات الأمن والسلامة والسلوك المهني

- ارتداء الزي المناسب (ملابس مناسبة وغير فضفاضة أو ذات أطراف طويلة)، وعدم لبس أي نوع من أنواع المعادن في اليدين أو الجسم (خواتم، وسلاسل، وساعات... إلخ) للوقاية من أي خطر.
- توفّر متطلبات السلامة الشخصيّة والبيئة المحيطة (الكفوف، والأرواب، والعوازل الأرضيّة، والشفاطات إن لزم الأمر، والطفايات، وأنظمة المراقبة والأمان، وحقيبة الإسعافات الأوليّة... إلخ).
- التركيز أثناء العمل، والتزام الانضباط والحذر، والحدّ من أي ضوضاء.
- عدم العبث بالأجهزة والأدوات الموجودة داخل المشغل أو الورشة، وحفظها بصورة جيدة.
- الالتزام بتعليمات التشغيل لأي جهاز أو أداة تدريبيّة، وعدم إزالة أي جزء مخصَّص للحماية والأمان.
- التأكّد من عزل الأسلاك الَّتي تتعامل معها وعدم تعريضها للتلف، ومراعاة ابتعادها عن أي وصلات معدنيّة أو مياه، والانتباه إلى أي أسلاك كهربائيّة يمر بها تيّار كهربائيّ.
- الانتباه إلى الجهد المقرَّر لكلّ جهاز قبل تشغيله.
- المحافظة على نظافة المكان، وترتيبه بصفة دائمة بعد الانتهاء من التدريب.
- عمل صيانة دوريّة للأجهزة، وفحص الأسلاك والتوصيلات وبيئة التدريب.
- اتِّباع تعليمات المدرّب ومراجعته عند الضرورة.

5-1 الموقف التعليميّ التعلّمي: تركيب دارات مضخّم العمليّات الأساسيّة.

وصف الموقف التعليميّ:

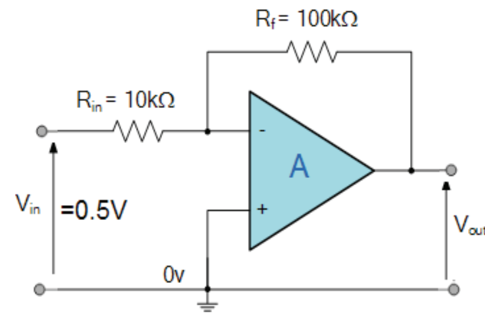
(أحضر زبون جهاز مكبّر صوت لا يعمل يستخدم لجهاز محمول (الجوال) إلى مشغل الإلكترونيّات الصناعيّة، وطلب فحص المكبّر وتشغيله، والتأكّد من عمله).

العمل الكامل:			
خطوات العمل	**وصف الموقف الصفي**	**المنهجيّة (إستراتيجيّة التعلّم)**	**الموارد حسب الموقف التعليميّ**
أجمع البيانات، وأُحلّلها	• اجمع البيانات من الزبون حول طلبه من حيث: 1. نوع جهاز مكبّر الصوت 2. طبيعة ومدة الاستخدام. 3. هل تمَّ صيانته سابقا. 4. هل الخلل يتكرَّر أم أنه حدث فجأة؟ • أجمع البيانات عن: 1. مكبّرات العمليّات (741، LF 3351، LH0003 ، LM124 ،) ورموزها. 2. تركيب مكبّر العمليّات ومخطّط توصيله ومقاومة الدخل والخرج. 3. المواصفات الفنّيَّة لمكبّر العمليّات. 4. أنواع العمليّات الحسابيَّة الَّتي يقوم بها مكبّر العمليّات. 5. الدوائر العمليّة للعمليات الَّتي يقوم بها مكبّر العمليّات 741 6. العلاقة الحسابيَّة لكلّ مكبّر Vo 7. معامل التضخيم لكلّ مكبّر Av.	• الحوار والمناقشة. • البحث العلميّ. • العمل التعاوني.	• طلب الزبون الكتابي (وصف المهمّة، كتاب رسمي). • كتالوجات ودليل الشركات المصنعة وكتب المكافئات للعناصر المتنوعة. • مخطّطات الدارات الكهربائيّة المتعلّقة بمكبّرات العمليّات والدارات ذات العلاقة. • المواصفات الفنّيَّة للقطع المستخدمة. • مكبّر العمليّات ولوحات إلكترونيّة تحتوي عليها. • أجهزة الفحص والقياس • الكتب العلميّة ذات العلاقة. • الشبكة العنكبوتية (الإنترنت) والمواقع العلميّة الموثوقة (المحكّمة)، أنماط بصرية وفيديو وصور • قرطاسيَّة.

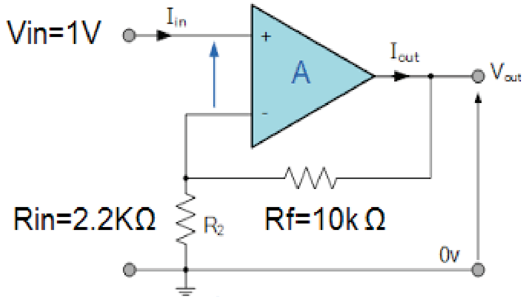
أخطّط، وأقرّر	• أصنّف البيانات الَّتي تمَّ جمعها حول (نوع مضخّم الصوت، وأنواع مكبّرات العمليّات وأعطالها، تركيب ورمز مكبّر العمليّات ومواصفاتها الفنِّيَّة، دارات وطرق توصيل مكبّر العمليّات). • تحديد خطوات العمل: • ارسم المخطّط الإلكترونيّ المتعلّق بدارة مضخّم الصوت. • أرسم رموز المكبّرات، وأحدِّد أعطالها ومواصفاتها الفنِّيَّة. • أرسم مخطّط دارات مكبّر العمليّات. • أستحضر القوانين والعلاقات الحسابيَّة اللازمة لحساب قيم جهد الخرج الَّتيار. • أعدّ جدولاً بالبدائل المقترحة لاستبدال القطع التالفة ومواصفاتها وجدوى الاستبدال. • أحدِّد الأدوات والعِدَد والأجهزة اللازمة. • أُعِدّ خطة لتنفيذ العمل تتضمن زمن المهمّة والوقت المقدر.	• العصف الذِّهنيّ (استمطار الأفكار حول المكبّرات). • المناقشة والحوار. • التعلّم التعاوني (العمل ضمن فريق).	• نماذج جمع البيانات (كتالوجات، صور، بيانات تمَّ جمعها..). • نموذج جدولة وقت تنفيذ المهام (الخطة). • طلب الزبون. • الشبكة العنكبوتية. • كتب العلميّة ذات العلاقة • برامج رسم الدارات المحوسبة. • القرطاسيَّة اللازمة.
أنفّذ	• أراعي قواعد الأمن والسلامة العامة، وأنتبه الى: 1. الجهد الَّذي يعمل عليه مكبّر العمليّات. 2. حرارة كاوي اللحام عند لحام العناصر الإلكترونيّة. • أتتبع مخطّط دارة مضخّم الصوت، وأفحص مكوِّناتها باستخدام أجهزة القياس، وأحدِّد الخلل، وأقوم باستبدال القطع التالفة. • أحضر مجموعة من اللوحات الكهربائيّة التالفة وأفك مكبّر العمليّات عنها وأحدِّد أنواعها. • أحدِّد أطراف مكبّر العمليّات.	• العمل التعاوني. • البحث العلميّ. • حل المشكلات.	• لوحة جهاز مكبّر الصوت. • لوحات تالفة ذات علاقة. • الأجهزة والعِدَد الخاصَّة بالفحص والتركيب والصيانة. • مخطّط الرقاقة 741. • القطع الإلكترونيّة المطلوبة (مكبّر العمليّات 741، مقاومات، مكثِّفات...) • جهاز راسم الإشارة ومولد الإشارة. • كاوي لحام مع قاعدة. • قصدير. • شفاط لحام. • شريط إزالة اللحام (الشيلد). • أسلاك توصيل. • لوحات توصيل.

	• أقوم بتوصيل دائرة المكبّر العاكس كما في الشكل (1) وتشغيلها وقياس جهد المخرج ومقارنته بالقيمة المحسوبة باستخدام القانون. • أقوم بتوصيل دارة مكبّر الغير العاكس كما في الشكل (2) وتشغيلها وقياس جهد المخرج ومقارنته بالقيمة المحسوبة باستخدام القانون. • أقوم بتوصيل دائرة المكبّر الجامع كما في الشكل (3)، وتشغيلها، وقياس جهد المخرج، ومقارنته بالقيمة المحسوبة باستخدام القانون. • أقوم بتوصيل دائرة المكبّر الطارح كما في الشكل (4)، وتشغيلها، وقياس جهد المخرج، ومقارنته بالقيمة المحسوبة باستخدام القانون. • أقوم بتوصيل دائرة المكبّر المقارن كما في الشكل (5)، وإظهار فولتية الدخل والخرج على راسم الإشارة، والتحقق من عملها.		• عرّاية أسلاك. • قطّاعة أسلاك. • القرطاسيَّة.
التحقّق	• أراعي قواعد الأمن والسلامة العامة، وأتنبَّه إلى قيمة مصدر الجهد قبل التشغيل، وتوصيله مع دارة مكبّر العمليّات. • أتحقَّق من توصيل اللوحة والقطع في دارة مضخّم الصوت حسب المخطّط. • أتأكّد من توصيل الدارات حسب المخطّط والقيم المقاسة على مخرج المكبّرات والقيمة المحسوبة باستخدام القوانين الخاصَّة بكلِّ مكبّر. • أشغِّل الدارات الخاصَّة بالعمليّات الحسابيَّة لمكبّر العمليّات، وأتأكّد من عملها.	• العصف الذِّهنيّ. • عمل المجموعات. • لعب الأدوار. • الحوار والمناقشة.	• طلب الزبون. • الوثائق والتقارير. • المواصفات الفنِّيَّة. • المخطّطات الإلكترونيّة. • العلاقات الحسابيَّة. • القرطاسيَّة. • أجهزة القياس والفحص الإلكترونيّة. • برامج المكافئات المحوسبة.

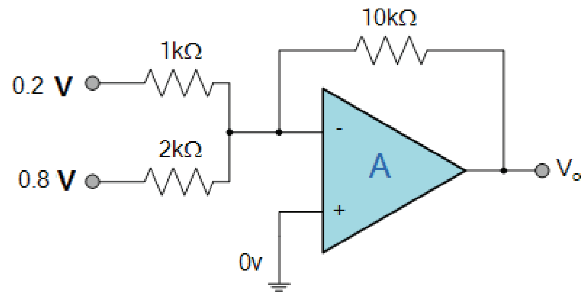
	• أتأكّد من الوثائق والنماذج الَّتي تمَّ تعبئتها خلال أداء المهمّة. • أُعيد العِدَد والأدوات المستخدمة لمكانها، وأُنظِّف موقع العمل.		
أُوثِّق، وأعرِض	• أوثق نتائج جمع البيانات حول: 1. نوع مضخّم الصوت وطبيعة الأعطال. 2. أنواع مكبّرات العمليّات ومخطّطاتها وطرق توصيلها وفحصها. 3. طرق قياس كسب مكبّر العمليّات. 4. أعطال مكبّر العمليّات. 5. أجهزة القياس المستخدمة. 6. القوانين والعلاقات الحسابيَّة اللازمة. • أنشئ مِلفّاً لهذه الحالة. • أجهّز تقريراً فنّيّاً للزبون. • أُعِدّ تقريراً كاملا بالعمل.	• الحوار والمناقشة. • اعرض النتائج مستخدما برنامج البوربوينت أو أي برنامج مناسب بمنهجية لعب الأدوار.	• جهاز العرض (LCD) • جهاز الحاسوب. • برامج رسم الدارات الكهربائيّة وتتبعها. • نماذج عمليّة. • قرطاسيَّة.
أُقوِّم	• أقارن بين عمل مضخّم الصوت قبل الصيانة وبعد إجرائها. • أقارن بين القيم النظرية والعمليّة لجهد الخرج والدخل والكسب لكلّ دارة من دارات مكبّر العمليّات. • أقارن بين شكل الإشارات الكهربائيّة النظرية والعمليّة. • أقيّم عمليّة الاستبدال للدارة المتكاملة المتعلِّقة بمكبّر العمليّات في جهاز مضخّم الصوت وعمليّة الصيانة من حيث الوقت والإخراج. • أعبِّئ نموذج التقييم.	• النقاش الجماعيّ. • البحث العلميّ.	• طلب الزبون. • المواصفات والكتالوجات. • المخطّطات الفنِّيَّة. • الكتب العلميّة ذات العلاقة • ورقة/نموذج العمل الخاص بالتقييم. • برامج رسم الدارات الكهربائيّة المحوسبة. • القرطاسيَّة.



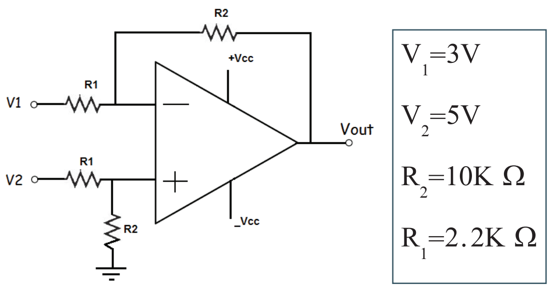
الشكل (1): مكبّر العمليّات العاكس



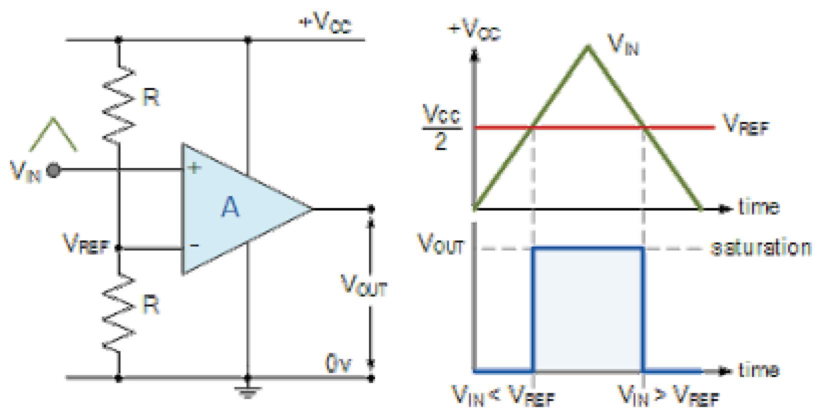
الشكل (2): مكبّر العمليّات غير العاكس



الشكل (3): مكبّر العمليّات الجامع



الشكل (4): مكبّر العمليّات الطارح



الشكل (5): مكبّر العمليّات المقارن وإشارة الدخل والخرج.

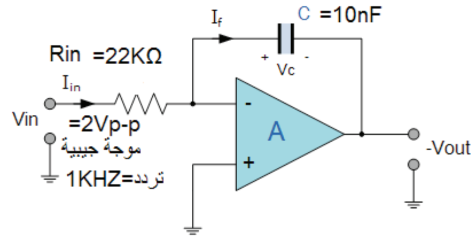


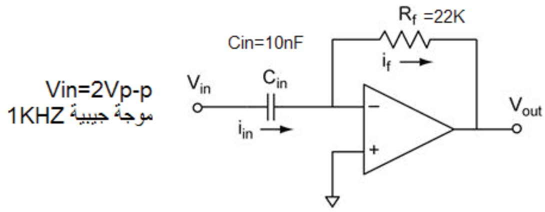
تمرين عملي إضافيّ (1):

تُعَدّ الدارات أدناه تطبيقات عمليّة حسابية على استخدام مضخّم العمليّات، من خلال الشبكة العنكبوتية (الإنترنت) وبعد دراسة هذه الدارات أجب عن الأسئلة الآتية:

1. ما اسم العمليّة الحسابيَّة الَّتي تقوم بها كُلّ دارة.

2. باستخدام أحد برامج رسم الدارات باستخدام الحاسوب ركّب الدارات وتأكّد من عملها.
3. تأكّد من القيم النظرية والعمليّة لجهد الخرج ومعامل التضخيم وارسم شكل إشارة الخرج وحدد عليها جميع المتغيرات.





الأسئلة:

1. عدد تطبيقات أخرى يستخدم فيها مكبّر العمليّات 741؟
2. ما التوصيلات الأساسيّة لمكبّر العمليّات؟
3. احسب باستخدام القانون قيمة جهد الخرج ومعامل التضخيم للمكبّر الطارح المبيّن بالشكل (4) أعلاه.
4. ما أهمية التغذية الراجعة؟
5. ابحث عن تطبيقات المكبّرات الآتية ومواصفاتها: LM124 وLF 3351.

أتعلم: تركيب دارات مضخّم العمليّات الأساسيّة

نشاط (1):

صمّم مع الرسم دارة مضخّم عمليات جامع بحيث يقوم بحساب المعادلة الآتية:

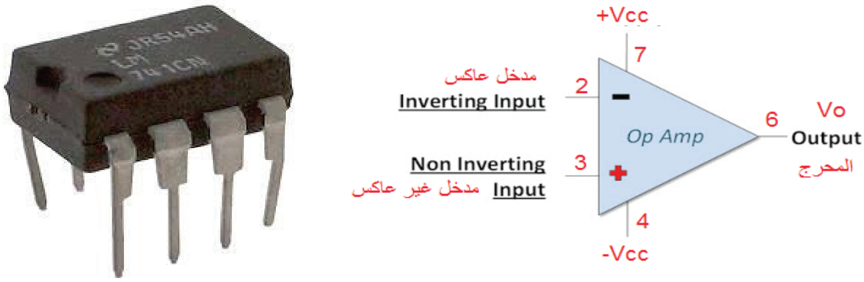
$$V_o = -(V_1+V_2+V_3)$$

مكبّر العمليّات (Operational Amplifier):

هو عبارة عن دارة متكاملة تقوم بالعمليّات الرياضيّة كالجمع والطرح والتكامل والتفاضل، ويستخدم في الأجهزة الإلكترونيّة في مجال التحكُّم والاتصالات والحاسبات ومولدات الإشارة وغيرها. وسُمِّي بهذا الاسم؛ لأنّه يقوم بالعمليّات الحسابيَّة، ويمتاز بصغر حجمه، وقلَّة التكلفة.

خصائص مكبّر العمليّات:

- مكبّر العمليّات دارة متكاملة (Integrated Circuit) تحتوي على عدد كبير من الترانزستورات والمقاومات والمكثّفات في رقاقة واحدة، ويرمز لها بالرمز التالي الشكل (6):



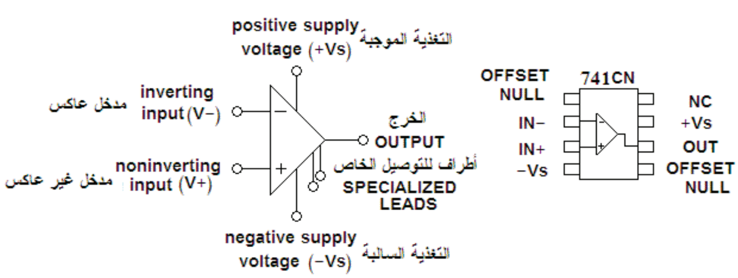
الشكل (6): رمز مكبّر العمليّات وشكله

- لمكبّر العمليّات خرج واحد فقط ومدخلان: يسمى المدخل الأول العاكس (-)، والمدخل الثاني غير العاكس (+). فإذا طبّقنا إشارة على المدخل العاكس فإنّ قطبيتها تنعكس على المخرج، وإذا طبّقنا جهداً على المدخل غير العاكس فإنّ قطبيتها لا يحدث لها تغير على المخرج.
- لتشغيل مكبّر العمليّات نحتاج مصدر تغذية يعطي جهداً موجباً (+Vcc) وجهداً سالباً (-Vcc) كما هو موضح في الشكل (6).
- يضاف إلى بعض مكبّرات العمليّات طرفان آخران لضبط الخرج على الصفر عندما تكون إشارة الدخل صفراً تسمى هذه الأطراف أطراف تصفير الإزاحة (Offset Null).
- معامل تضخيم الجهد لمضخّم العمليّات له قيمة عالية جدّاً تصل إلى 10^5، وتُعَدّ في مضخّم العمليّات المثالي مساوية ما لا نهاية.

نشاط (2):

ابحث عمليّاً عن كيفية توصيل أطراف مكبّر العمليات لتصفير الازاحه وجعل المخرج يساوي صفرا عندما تكون المداخل تساوي صفر.

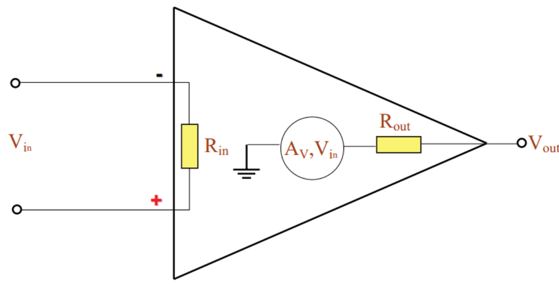
- من أشهر مكبّرات العمليّات المكبّر 741 (OP-Amp 741) ويكون على شكل رقاقة له ثمانية أطراف كما يبن الشكل (7) الأطراف الرئيسيّة لمكبّر العمليّات:



الشكل (7): توزيع أطراف مكبّر العمليّات

- **جهد التشبع:** يعمل مكبّر العمليّات بجهدين متساويين ومتعاكسين مثال (15+، 15-)، (12+، 12-)، (5+، 5-) وأحياناً نستخدم جهوداً غير متساوية مثل (12+، صفر)، (5+، صفر) وهذه الجهود تحدّد أقصى جهد للخرج ويسمّى جهد التشبع الموجب $V_{sat}+$، وجهد التشبع السالب Vsat- وأحيانا يكون جهد التشبع أقلّ من جهد التغذية بحوالي 2 فولت بسبب ضياع القدرة على شكل حرارة داخل المكبّر.

- **مقاومة الدخل والخرج:** يمتاز مكبّر العمليّات بمقاومة دخل (R_{in}) عالية جدّاً بالميغا أوم ومقاومة الخرج (R_{out}) منخفضة جدّاً كما يُبيِّن الشكل (8). أما في حالة المكبّر المثالي فإنّ مقاومة الدخل ما لا نهاية (∞) ومقاومة الخرج تساوي صفراً.



الشكل (8): مقاومة الدخل والخرج لمكبّر العمليّات

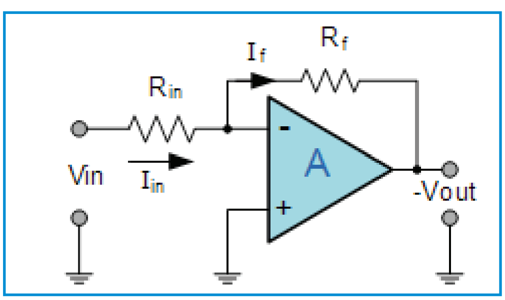
- **التغذية العكسيّة لمكبّر العمليّات (Feedback):** لتجنب دخول مكبّر العمليّات إلى الإشباع نستخدم التغذية العكسيّة وهي عبارة عن أخذ جزء من جهد الخرج وإعادته إلى الدخل، وهناك نوعان من التغذية العكسيّة: تغذية عكسيّة موجبة وأخرى سالبة. التغذية العكسيّة الموجبة تؤدي لزيادة جهد الدخل، والتغذية العكسيّة السالبة تؤدي لنقصان إشارة الدخل، فلتجنب دخول مكبّر العمليّات إلى جهد الإشباع نستخدم التغذية العكسيّة السالبة؛ حيث إن دخلاً قليلاً كافٍ لإيجاد خرج عالٍ للمكبّر، فالتغذية العكسيّة الموجبة تسرع في دخول المكبّر في حالة الإشباع.

التطبيقات الأساسيّة لمكبّر العمليّات

1. مضخّم العمليّات العاكس (Inverting Amplifier)

يُبيِّن الشكل (9) دارة مضخّم العمليّات العاكس، وسُمِّي بهذا الاسم لوجود فرق في الطور مقداره 180° أي أن إشارة الخرج عكس إشارة الدخل. ويمكن حساب فولتية الخرج ومعامل التضخيم من خلال العلاقات الآتية:

1. **فولتية الخرج V_O:** $$V_O = -\frac{R_f}{R_{in}} \times V_{in}$$



الشكل (9): المضخّم العاكس

2. معامل التضخيم:

$$A_V = \frac{V_O}{V_{in}}$$

$$A_V = -\frac{R_f}{R_{in}}$$

مثال (1):

في دارة مضخّم العمليّات المبيّنة في الشكل (9) إذا كانت:

$R_{in} = 4.7\ K\Omega$ ، $R_f = 12\ K\Omega$ ، $V_{in} = 0.8\ V$

احسب ما يأتي:

1. جهد الخرج V_O.
2. معامل التضخيم A_V.

الحل:

1. $$V_O = -\frac{R_f}{R_{in}} \times V_{in}$$

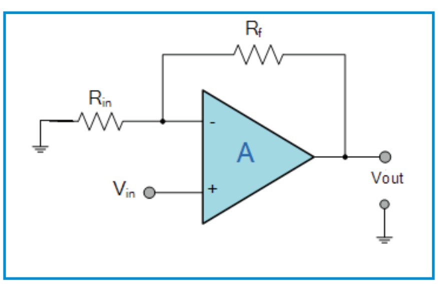
$$V_O = -\frac{12k}{4.7k} \times 0.8 = -2V$$

2. $$A_V = -\frac{R_f}{R_{in}}$$

$$A_V = -\frac{12k}{4.7k} = -2.55$$

2. مضخّم العمليّات غير العاكس (Non Inverting Amplifier)

يُبيِّن الشكل (10) دارة مضخّم العمليّات غير العاكس، وسُمِّي بهذا الاسم لعدم وجود فرق في الطور، أي أن فرق الطور يساوي صفراً، أي أن إشارة الخرج نفس إشارة الدخل، ويتم توصيل إشارة الدخل على المدخل غير العاكس. ويمكن حساب فولتية الخرج ومعامل التضخيم خلال العلاقات الآتية:



الشكل (10): المكبّر غير العاكس

1. فولتية الخرج V_O: $$V_O = \left(1 + \frac{R_f}{R_{in}}\right) \times V_{in}$$

2. معامل التضخيم:

$$A_V = \frac{V_O}{V_{in}}$$

$$A_V = 1 + \frac{R_f}{R_{in}}$$

مثال (2):

في دارة مضخّم العمليّات المبيّنة في الشكل (10) إذا كانت

$R_{in} = 4.7\ K\Omega$ ، $R_F = 12\ K\Omega$ ، $V_{in} = 0.8\ V$

احسب ما يأتي:

1. جهد الخرج V_O.
2. معامل التضخيم A_V.

الحل:

1. $$V_O = \left(1 + \frac{R_f}{R_{in}}\right) \times V_{in}$$

$$V_O = \left(1 + \frac{12k}{4.7k}\right) \times 0.8 = 2.84V$$

2. $$A_V = 1 + \frac{R_f}{R_{in}}$$

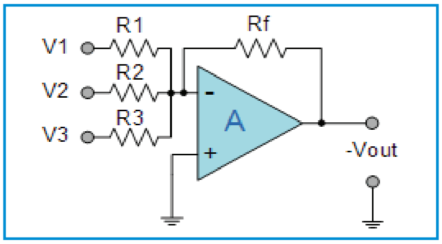
$$A_V = 1 + \frac{12k}{4.7k} = 3.55$$



تمرين (1):

أعد المثال السابق إذا كان جهد الدخل $V_{in}(t) = 0.5 \sin(2000\pi t)$.

3. مضخّم العمليّات الجامع (summing Op-amp)



الشكل (11): مضخّم العمليّات الجامع

هو عبارة عن مضخّم عمليات عاكس، ولكن له مدخلان فأكثر، يتصل كُلّ مدخل بواسطة مقاومة مع مصدر جهد مستقل. ويُبيِّن الشكل (11) مضخّم العمليّات الجامع، ويمكن حساب جهد الخرج من العلاقة الآتية:

$$V_O = -R_f \left(\frac{V_1}{R_1} + \frac{V_2}{R_2} + \frac{V_3}{R_4} \right)$$

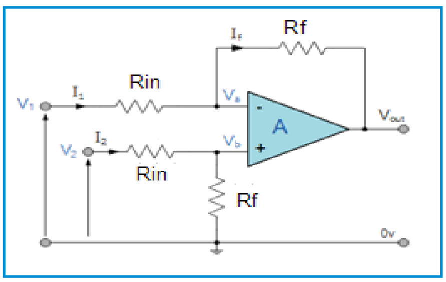
تمرين (2):

في دارة مضخّم العمليّات المبيّنة في الشكل أعلاه إذا كانت

$V_1 = 2V$ ، $V_2 = 3V$ ، $V_3 = 5V$ ، $R_f = 2.2K\Omega$ ، $R_1 = 4.7K\Omega$ ، $R_2 = 7.5K\Omega$ ، $R_3 = 1K\Omega$

- أوجد مقدار جهد الخرج.

4. مكبّر العمليّات الطارح (مكبّر الفرق) (Defrentional Op-Amp)



الشكل (12): المكبّر الطارح (مكبّر الفرق)

يستخدم مكبّر العمليّات الطارح كما يُبيِّن الشكل (12) لطرح إشارتين، وتكبير حاصل الطرح بقيمة تحدّدها قيم المقاومات حسب العلاقات الآتية:

1. **فولتية الخرج V_O:** $V_O = \dfrac{R_f}{R_{in}} (V_2 - V_1)$

2. **معامل التضخيم:** $A_V = \dfrac{R_f}{R_{in}}$

مثال (3):

في دارة مضخّم العمليّات المبيّنة في الشكل (12) إذا علمت أن:

$V_1 = 3.5V$ ، $V_2 = 5.5V$ ، $R_f = 12K\Omega$ ، $R_{in} = 3K\Omega$

- أوجد قيمة جهد الخرج ومعامل التضخيم.

الحل:

1. جهد الخرج: $V_O = \dfrac{R_f}{R_{in}} (V_2 - V_1) = V_O = \dfrac{12K}{3K} (5.5 - 3.5)$

$$V_O = 8V$$

2. معامل التضخيم: $A_V = \dfrac{R_f}{R_{in}} = \dfrac{12K}{3K} = 4$

نشاط (3):

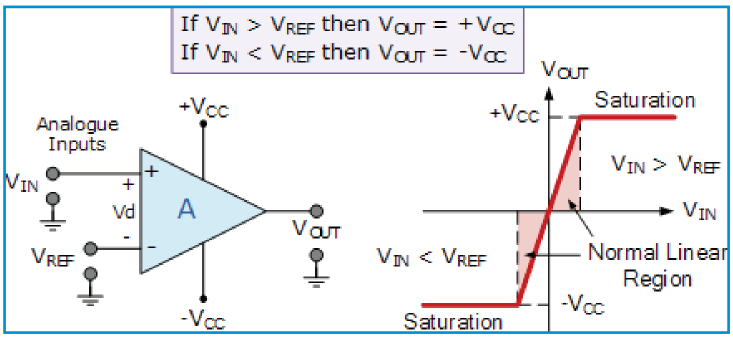
احسب قيمة المقاومة R_f لدارة الطارح أعلاه لجعل معامل التضخيم $(A_V = 10)$ اذا علمت أن: $R_{in} = 10K\Omega$ ، $V_2 = 6V$ ، $V_1 = 4V$ ، ثمّ احسب قيمه جهد الخرج.

5. مكبّر العمليّات المقارن (comparator Op-Amp)

يعتمد مخرج المقارن على نتيجة المقارنة بين إشارة المدخل العاكس والمدخل غير العاكس دون وجود تغذية راجعة من الخرج إلى الدخل، حيث يعمل المقارن كما يُبيِّن الشكل (13) على مقارنة فولتية الطرف العاكس والطرف غير العاكس، فإذا كانت فولتية الطرف غير العاكس أكبر من الطرف العاكس، فيكون الخرج يساوي $+V_{cc}$، أما إذا كانت فولتية الطرف غير العاكس أصغر من فولتية الطرف العاكس فيساوي الخرج **$-V_{cc}$.**

في الشكل (13): ترمز المتغيرات إلى ما يأتي:

- V_{in}: إشارة الدخل.
- V_{Ref}: القيمة المرجعية للمقارنة.



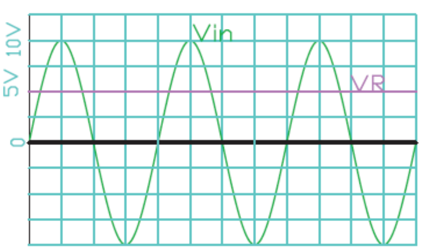
الشكل (13): مكبّر العمليّات المقارن.

ولجهد الخرج ثلاث حالات رئيسية، وهي:

- $V_{in} < V_{ref} \ggg V_O = -V_{cc}$
- $V_{in} = V_{ref} \ggg V_O = 0$
- $V_{in} > V_{ref} \ggg V_O = +V_{cc}$

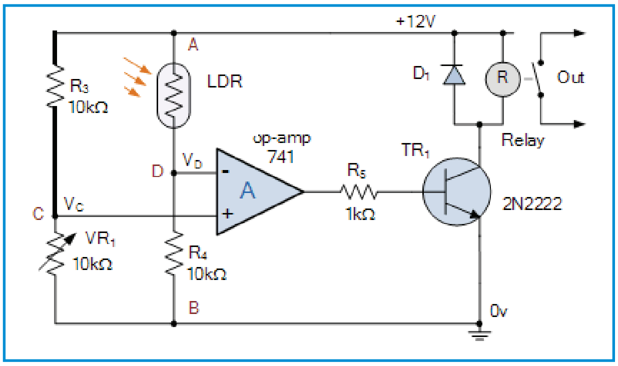
مثال (4):

أرسم شكل إشارة الخرج للمقارن في الشكل (13) إذا كانت إشارة المداخل كما في الشكل أدناه، علما بأن جهد التغذية لمضخّم العمليّات ($\pm 10V$).



تمرين عملي إضافيّ (2):

تُعَدّ الدارة المجاورة تطبيقاً عمليّاً على استخدام مضخّم العمليّات مقارناً، بحيث تستخدم هذه الدارة للتحكم في إنارة كشاف كهربائيّ ليلا، المطلوب:



1. حلِّل الدارة ووضِّح مبدأ عملها.
2. باستخدام أحد برامج رسم الدارات باستخدام الحاسوب ركّب الدارة، وتحقَّق من عملها.
3. ركّب الدارة عمليّاً، وتحقَّق من عملها.

5-2 الموقف التعليميّ التعلّمي: تصميم تطبيقات عمليّة وتشغيلها باستخدام مضخّم العمليّات وصيانتها.

وصف الموقف التعليميّ:

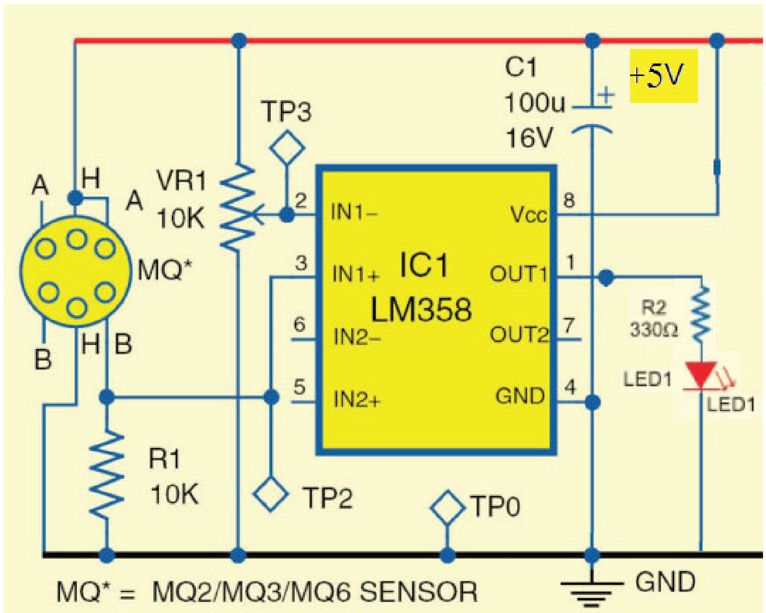
(تقدم صاحب شركة لتعبئة الغاز بطلب لمشغل الإلكترونيّات الصناعيّة لتصميم دارة كاشف تسرب الغاز، ودارة حماية من التغيرات في جهد المصدر؛ وذلك بهدف تركيبهما في المحطة لرصد التسرب، وحماية الأجهزة الكهربائيّة المستخدمة عند حدوث أي خلل).

العمل الكامل			
خطوات العمل	وصف الموقف الصفي	المنهجيّة (إستراتيجيّة التعلّم)	الموارد حسب الموقف التعليميّ
أُجمع البيانات، وأُحلّلها	• أجمع البيانات من صاحب شركة الغاز حول طلبه من حيث: 1. نوع الغاز المستخدم في المحطة وكمِّيَّة التسرب المطلوب عمل الإنذار عندها. 2. مساحة التعبئة وعدد أماكن توزيع مِجسّات الغاز. 3. الأجهزة الَّتي تتأثر بتغييرات الجهد. 4. المدى الَّذي يتغير عنده جهد المصدر. • أجمع البيانات عن: 1. مكبّر العمليّات LM358، (LM 324) ومواصفاته الفينة. 2. تركيب مكبّر العمليّات ومخطّط توصيله ومقاومة الدخل والخرج 3. أنواع مِجسّات الغاز المستخدمة ومواصفاتها. 4. مخطّط دارات أجهزة الإنذار، ومخطّط دارات الحماية من تغيرات الجهد.	• الحوار والمناقشة. • البحث العلميّ. • العمل التعاوني.	• طلب صاحب الشركة الكتابي (وصف المهمّة، كتاب رسمي). • كتالوجات ودليل الشركات المصنعة وكتب المكافئات للعناصر المتنوعة. • مخطّطات الدارات الكهربائيّة. • المواصفات الفنِّيَّة للقطع المستخدمة. • أجهزة الفحص والقياس. • الكتب العلميّة ذات العلاقة. • الشبكة العنكبوتية (الإنترنت) والمواقع العلميّة الموثوقة (المحكّمة)، أنماط بصرية وفيديو وصور • قرطاسيَّة.

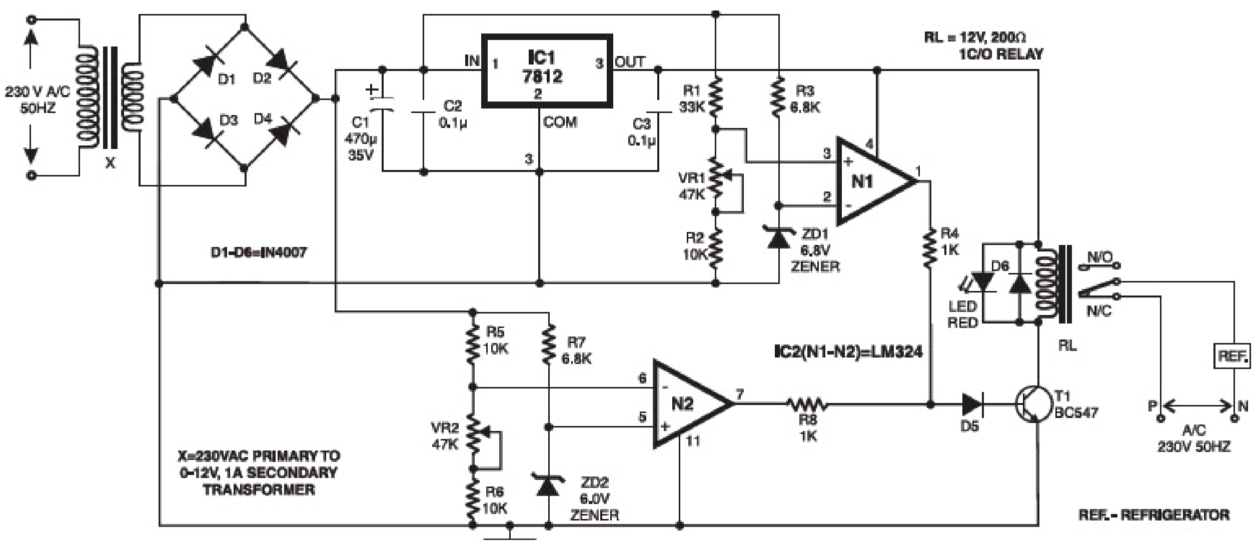
أخطّط، وأقرّر	• أصنّف البيانات الّتي تمَّ جمعها حول (نوع الغاز المستخدم، ومساحة العمل، ومدى التغيرات في جهد المصدر، والمواصفات الفنّيَّة لمكبّرات العمليّات LM358، LM324). • تحديد خطوات العمل: 1. أرسم المخطّط الإلكترونيّ المتعلّق بدارة كاشف التسرب. 2. أرسم المخطّط الإلكترونيّ لدارة الحماية من تغيرات الجهد. 3. أستحضر القوانين والعلاقات الحسابيَّة اللازمة لحساب قيم الجهد الّتيار والكسب. 4. أُعِدّ جدولاً بالبدائل المقترحة ومواصفاتها وجدوى الاستخدام 5. أحدِّد الأدوات والعِدَد والأجهزة اللازمة. 6. أُعِدّ خطة لتنفيذ العمل تتضمن زمن المهمّة والوقت المقدر.	• العصف الذِّهنيّ (استمطار الأفكار حول المكبّرات). • المناقشة والحوار. • التعلّم التعاوني (العمل ضمن فريق).	• نماذج جمع البيانات (كتالوجات، وصور، وبيانات تمَّ جمعها). • نموذج جدولة وقت تنفيذ المهام (الخطة). • طلب صاحب الشركة. • الشبكة العنكبوتية. • كتب العلميّة ذات العلاقة • برامج رسم الدارات المحوسبة. • القرطاسيَّة اللازمة.
أنفّذ	• أراعي قواعد الأمن والسلامة العامة، وأنتبه الى: - الجهد الّذي يعمل عليه مكبّر العمليّات. - عزل الأسلاك الخارجية للمحوّل الكهربائيّ. • أقوم بتوصيل الدارة في الشكل رقم (1) وأضبط قيمة المقاومة المتغيِّرة على الوضع الطبيعيّ لضبط جهد الخرج على المقارن. • أقوم بتوصيل الدارة في الشكل رقم (2) على مراحل (مرحلة التقويم، منظم الجهد، دارات التضخيم، دارة المفتاح الترانزستوري). • أضبط قيمة المقاومة المتغيِّرة عند الجهد المرتفع والمنخفض لضبط مخرج المقارن.	• العمل التعاوني. • البحث العلميّ. • حل المشكلات.	• الأجهزة والعِدَد الخاصَّة بالفحص والتركيب والصيانة. • مخطّط الرقاقة LM324 .LM358 • القطع الإلكترونيّة المطلوبة بناء على مخطّط الدارات. • جهاز راسم الإشارة، DMM، PS. • كاوي لحام مع قاعدة. • قصدير. • شفاط لحام. • شريط إزالة اللحام (الشيلد) • أسلاك توصيل • لوحات توصيل. • عرّاية أسلاك. • قطّاعة أسلاك. • القرطاسيَّة.

أتحقّق	• أراعي قواعد الأمن والسلامة العامة، وأتنبَّه إلى قيمة مصدر الجهد قبل التشغيل وتوصيله مع دارة مكبّر العمليّات. • أتحقَّق من توصيل اللوحة والقطع في دارة كاشف التسرب ودارة الحماية من تغيرات الجهد حسب المخطّط. • أتأكّد من توصيل الدارات حسب المخطّط والقيم المقاسة على مخرج المكبّرات والقيمة المحسوبة باستخدام القوانين الخاصَّة بكلِّ مكبّر. • أشغِّل الدارات المطلوبة، وأتأكّد من عملها. • أتأكّد من الوثائق والنماذج الَّتي تمَّ تعبئتها خلال أداء المهمّة. • أُعيد العِدَد والأدوات المستخدمة لمكانها، وأُنظِّف موقع العمل.	• العصف الذِّهنيّ. • عمل المجموعات • لعب الأدوار. • الحوار والمناقشة.	• طلب صاحب الشركة • الوثائق والتقارير. • المواصفات الفنِّيَّة. • المخطّطات الإلكترونيّة. • العلاقات الحسابيَّة. • القرطاسيَّة. • أجهزة القياس والفحص الإلكترونيّة. • برامج المكافئات المحوسبة.
أوثّق، وأعرض	• أوثق نتائج جمع البيانات حول: - نوع مِجسّات الغاز المستخدمة. - عمل مكبّر العمليّات كمقارن لكشف التسرب، وللحماية من تغيرات الجهد. - دارات كشف تسرب الغاز ودارات الحماية من التغير في الجهد. - مبدأ عمل الدارات المستخدمة وتحليلها. - أجهزة القياس المستخدمة. - القوانين والعلاقات الحسابيَّة اللازمة. • أنشئ مِلفّاً لهذه الحالة. • أجهّز تقريراً فنّيّاً للزبون. • أُعِدّ تقريراً كاملا بالعمل.	• الحوار والمناقشة. • عرض النتائج مستخدما برنامج البوربوينت أو أي برنامج مناسب بمنهجية لعب الأدوار.	• جهاز العرض (LCD). جهاز الحاسوب. • برامج رسم الدارات الكهربائيّة وتتبعها. • نماذج عمليّة. • قرطاسيَّة.
أقوّم	• أقيّم عمل الدارات المستخدمة حسب المطلوب من قبل صاحب الشركة. • أقارن بين القيم النظرية والعمليّة للمتغيرات المطلوبة. • أقيّم مدى رضا صاحب الشركة عن الشكل النهائي لتصميم الدارات وعملها.	• النقاش الجماعيّ. • البحث العلميّ. • الحوار والمناقشة.	• طلب صاحب الشركة. • المواصفات والكتالوجات. • المخطّطات الفنِّيَّة. • الكتب العلميّة ذات العلاقة • ورقة / نموذج العمل الخاص بالتقييم.

	• أقيّم عمليّة تصميم الدارات وبنائها من حيث الوقت والإخراج. • أعبِّئ نموذج التقييم.		• برامج رسم الدارات الكهربائيّة المحوسبة. • القرطاسيَّة.



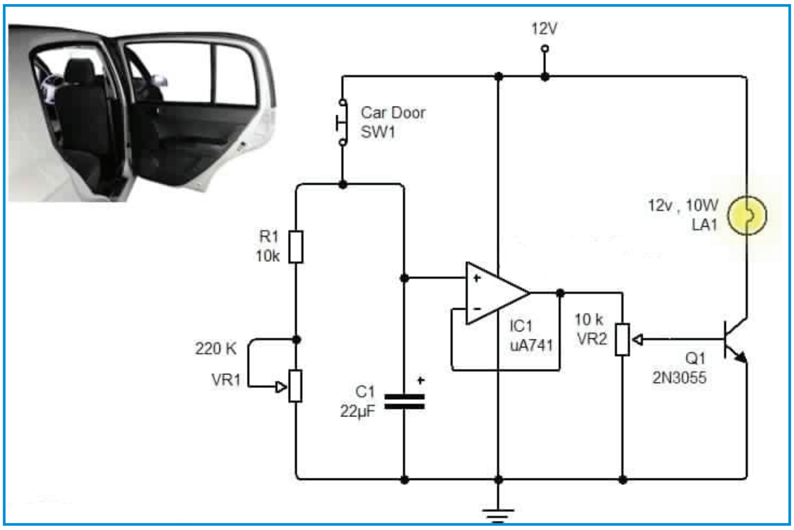
الشكل (1): التطبيق الأول: دارة كاشف تسرب الغاز.



الشكل (2): التطبيق الثاني: دارة الحماية من التغيرات في جهد المصدر

تمرين إضافيّ (1):

الدارة أدناه توضح آليّة التحكُّم في لمبة باب السيارة، حيث تضيء اللمبة عند فتح باب السيارة، أو بقاء أحد أبواب السيارة غير محكم لتنبّه السائق.



1. حلل الدارة، وتأكّد من مبدأ العمل.
2. باستخدام أحد برامج رسم الدارات باستخدام الحاسوب قم بتركيب الدارة، وتأكّد من عملها.
3. ركّب الدارة عمليّاً، وتأكّد من عملها.

الأسئلة:

1. اذكر ثلاثة تطبيقات عمليّة لاستخدام مكبّر العمليّات.
2. ما أهمية كُلّ من (R3 ، C1، VR1) في دارة كاشف تسرب الغاز.
3. في دارة الحماية من التغير في جهد المصدر:
4. ما نوع المقوم المستخدم؟
5. ما أهمية استخدام كُلّ من (VR2 ،VR1، Zener diode ، C3، C2، C1)؟
6. ناقش أثر كُلّ من ارتفاع فرق جهد المصدر وانخفاضه (عن حد معين) على الأجهزة الكهربائيّة المنزليّة.

أتعلم: تصميم تطبيقات عمليّة وتشغيلها باستخدام مضخّم العمليّات وصيانتها.

نشاط (1):

من خلال دراستك لموضوع مكبّر العمليّات، والرجوع إلى الشبكة العنكبوتية، والكتب العلميّة ذات العلاقة، صمّم دارة تستخدم في تشغيل تنبيه عند صدور بكاء للطفل لتنبيه المربية المشرفة على مجموعة من الأطفال في الحضانة.

دارة كاشف التسرب

مبدأ عمل الدارة:

تتكوّن الدارة بشكل أساسيّ من مِجَسّ لكشف الغاز المتسرّب k كما في الشكل (1)، ومكبّر عمليات يعمل مقارناً، وتبرز أهمية المقاومة المتغيِّرة لضبط مخرج المقارن على الوضع الطبيعيّ، أي في حال عدم وجود أي تسرّب للغاز في شركة التعبئة يكون مخرج المقارن مساوياً للصفر، فلا يعمل الإنذار.

في الوضع الطبيعيّ (عدم وجود تسرب للغاز) تكون قيمة المقاومة على الأقطاب الكهربائيّة للمجسّ عالية (بحدود 50KΩ)، فيكون فرق الجهد على المدخل العاكس للمقارن أعلى من جهد المدخل غير العاكس؛ وبالتالي يكون مخرج المقارن مساويا للصفر، فلا يعمل الإنذار، في حال نشوب حريق أو حدوث تسرّب للغاز تقلّ قيمة المقاومة على أقطاب المجسّ حسب تركيز الغاز؛ وبالتالي يزيد الجهد على المدخل غير العاكس، بحيث يصبح أعلى من جهد المدخل العاكس، فيصبح مخرج المقارن موجباً فيعمل الإنذار.

أُفكِّر: هل يمكن استبدال مكبّر العمليّات المقارن بمكبّر عمليات طارح في الدارة في الشكل رقم (1).



الشكل (3): مِجَسّ كاشف تسرب الغاز.

نشاط (2):

أبحث عن المواصفات الفنّيّة وتركيب المجس في الشكل (3).

دارة الحماية من التغيرات في جهد المصدر

مبدأ العمل:

تستخدم هذه الدارة لحماية الأجهزة الكهربائيّة من التغيرات في مصدر الجهد نتيجة ارتفاع جهد المصدر، أو انخفاضه، أو تذبذبه، بحيث تتكوّن الدارة بشكل أساسيّ من الدارة المتكاملة لمكبّر العمليّات (LM 324) الّتي تحتوي بداخلها على أربعة مكبّرات داخلية، نستخدم اثنين منها فقط في هذه الدارة.

في الوضع الطبيعيّ يتمّ ضبط المقاومة (VR1) عند تغير جهد المصدر حتى (240V) بحيث يكون جهد مخرج المقارن (N1) مساويا للصفر علما بأن جهد الزينر المطبق على المدخل العاكس في مكبّر العمليّات (N1) هو 6.8V

والجهد المطبق على المدخل غير العاكس لمكبّر العمليّات (N1) هو أقلّ من جهد الزينر 6.8V؛ وبالتالي لا يعمل الترانزستور (T1) لعدم وجود جهد كافٍ على قاعدته؛ أي يبقى ملامس المرحِّل موصولا؛ وبالتالي لا تغيير على عمل الجهاز المتصل مع الدارة؛ وبالتالي لا يتمّ فصل الدارة عن جهد المصدر.

في حال ارتفاع جهد المصدر عن (240V) فإنه سوف يكون جهد المدخل غير العاكس للمكبّر (N1) أكبر من الجهد المطبق على المدخل العاكس، والذي يساوي 6.8V نتيجة اتصاله مع ثنائيّ الزينر، وفي هذه الحالة يصبح هناك فرق للجهد؛ أي يعمل المقارن، ويصبح جهد خرجه هو +V؛ وبالتالي يعمل الترانزستور، وتتحوّل ملامسات المرحِّل من (NC) إلى (NC) K ويتم فصل التيّار الكهربائيّ عن الجهاز وحمايته.

في حال انخفاض الجهد عن 180V يصبح الجهد المطبق على الطرف العاكس لمضخّم العمليّات (N2) أقلّ منه على الطرف غير العاكس، والمتصل بثنائيّ الزينر؛ أي المطبق عليه جهد الزينر وهو 6V؛ وبالتالي يعمل المقارن نتيجة فرق الجهد ويصبح مخرجه +V؛ أي يعمل الترانزستور، ويمر تيّار في ملفّ المرحِّل لتحويل ملامساته من (NC) إلى (NO)، ويتم فصل التيّار الكهربائيّ عن الجهاز وحمايته.

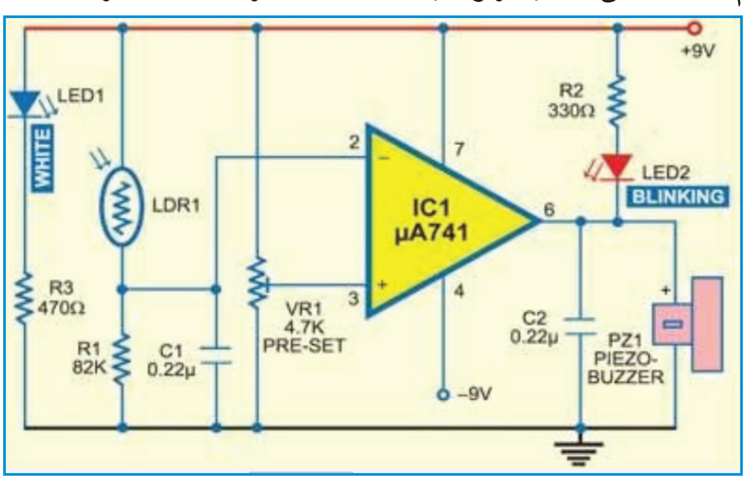
يكون التنظيم في حالتين: الحالة الأولى عندما يكون الجهد على الطرف 3 في (N1) أعلى من 6.8V، والحالة الثانية عندما يكون الجهد على الطرف 6 في (N2) أقلّ من 6V، بحيث يتمّ التحكُّم في الفصل عند الارتفاع أو الانخفاض في مصدر الجهد من خلال المقاومتين (VR1) و (VR2).

نشاط (3):

رسم المخطّط الصندوقي لدارة الحماية من التغير في جهد المصدر.

تمرين إضافيّ (2):

حلل الدارة الآتية، وقم بالتأكّد من عملها وتركيبها مستخدما اللوحات المطبوعة.



أسئلة الوحدة

السؤال الأول: ضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة لكلّ ممّا يأتي:

1. كم عدد مداخل مكبّر العمليّات ومخارجه؟
أ. مدخل ومخرج. ب. مدخلان ومخرجان. ج. مدخلان ومخرج. د. مدخل ومخرجان.

2. ما جهد الإشباع لمكبّر العمليّات؟
أ. أقلّ من جهد التغذية. ب. أكبر من جهد التغذية. ج. يساوي صفراً. د. ما لا نهاية.

3. ما قيمة مقاومة الدخل (R_{in}) في المكبّر المثالي؟
أ. منخفضة. ب. متوسطة. ج. بالميغا أوم. د. ما لا نهاية.

4. ما العلاقة بين إشارة الدخل وإشارة الخرج في مضخّم العمليّات العاكس؟
أ. إشارة الدخل نفس إشارة الخرج. ب. إشارة الدخل عكس إشارة الخرج.
ج. وجود فرق بالطور مقداره 45درجة. د. وجود فرق بالطور مقداره 90 درجة.

5. ما قيمة فرق الطور بين المدخل والمخرج في دارة مضخّم العمليّات غير العاكس؟
أ. 180 درجة. ب. 90 درجة. ج. 270 درجة. د. صفر درجة.

6. ما قيمة جهد خرج المقارن في دارة كشف تسرّب الغاز في الوضع الطبيعيّ؟
أ. يساوي صفراً. ب. موجة مربّعة. ج. موجه مثلّثة. د. موجة نبضيّة.

7. ما قيمة جهد الخرج لمكبّر العمليّات العاكس إذا كان $R_{in} = 4K\Omega$، $R_f = 20K\Omega$، $V_{in} = 1V$؟
أ. $5V$. ب. $\frac{1}{5}V$. ج. $-5V$. د. $2.5V$

8. ما كسب مكبّر العمليّات غير العاكس؟
أ. $-\frac{R_f}{R_{in}}$ ب. V. $1+\frac{R_f}{R_{in}}$. ج. $1-\frac{R_f}{R_{in}}$. د. 1

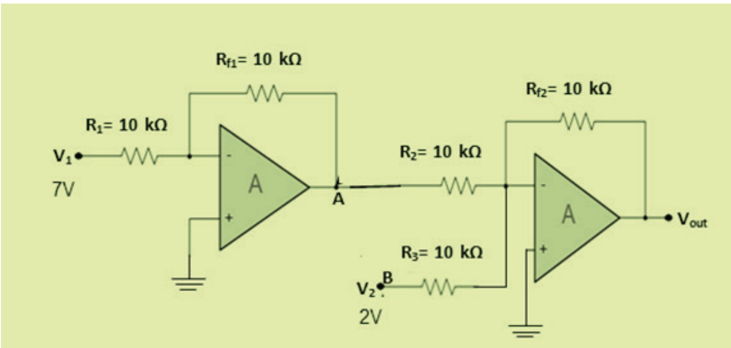
السؤال الثاني:

1. ارسم رمز مكبّر العمليّات، وحدِّد على الرسم أسماء أطراف المكبّر.
2. وضّح المقصود بكلٍّ من:
أ. جهد الإشباع. ب. التغذية العكسيّة. ج. معادلة الإزاحة.

السؤال الثالث:

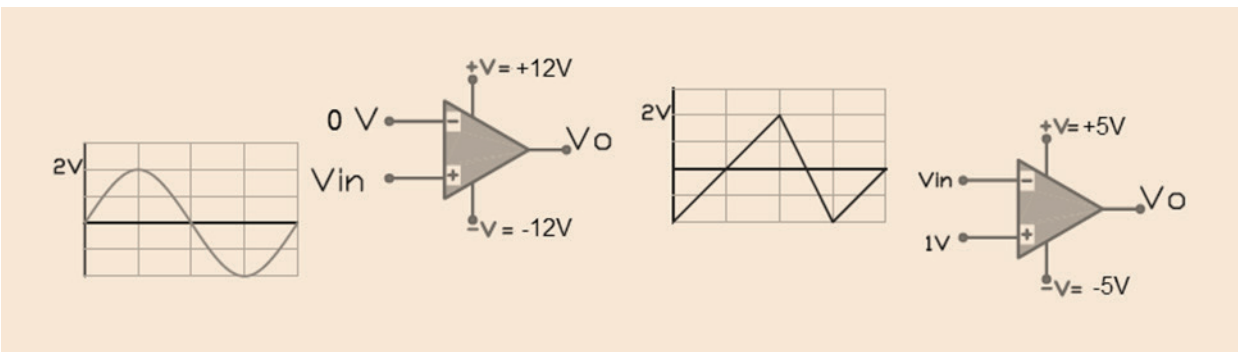
1. باستخدام مكبّر العمليّات ارسم دارة كُلّ ممّا يأتي:
   أ. مكبّر عاكس. 2. مكبّر طارح. 3. مكبّر مقارن.
2. كيف يمكن حماية مضخّم العمليّات من عكس قطبي جهد التغذية؟

السؤال الرابع:



1. ما اسم مكبّر العمليّات الأول؟
2. ما اسم مكبّر العمليّات الثاني؟
3. أوجد V_o.

السؤال الخامس: في الدوائر الآتية ارسم شكل إشارة المخرج مع الشرح المبسَّط لكلّ منها:



السؤال السادس: صمِّم دارة مكبّر عمليات جامع حسب المعادلة الآتية:

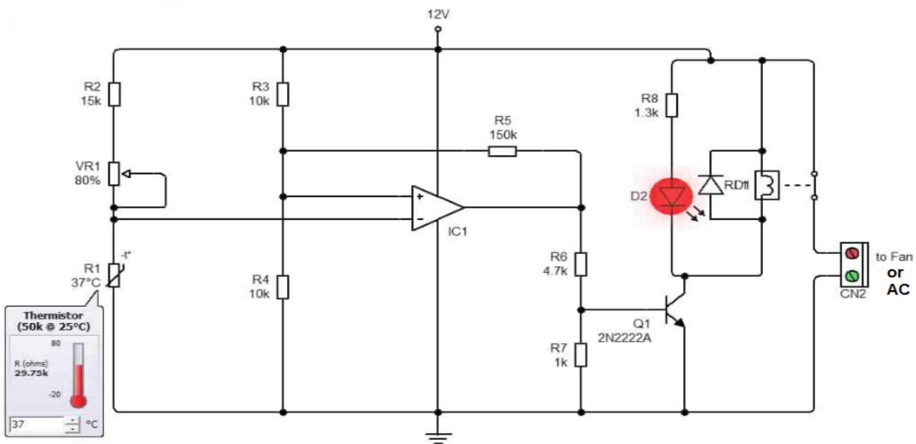
$$-V_o = 12V_1 + 8V_2 + 6V_3$$

إذا علمت أن $R_f = 300K\ \Omega$، وجد قيمة كُلّ من R_3، R_2، R_1.

مشروع:

يتم استخدام مروحة أو مكيف لتبريد أو خفض درجة حرارة كثير من أنظمة الطاقة أو الأجهزة المستخدمة، فمثلا يتمّ استخدام المراوح لتبريد دارة التغذية في الكمبيوتر، أو تشغيل مكيفات لتبريد المقاسم المستخدمة في شركات الاتصالات، أو أجهزة الصراف الآلي في البنوك. المطلوب:

1. باستخدام أحد برامج رسم الدارات باستخدام الحاسوب تحقّق من عمل الدارة.
2. قم بطباعة اللوحة المطبوعة للدارة، ولحام العناصر الالكترونية عليها، والتأكد من عملها.



6

الوحدة النمطيّة

المحرّكات الكهربائيّة الأساسيّة



تنوع المحرّكات الكهربائيّة وتعداد استخداماتها في التطبيقات الصناعيّة.

يتوقع من الطلبة بعد دراسة هذه الوحدة، والتفاعل مع أنشطتها، أن يكونوا قادرين على تشغيل المحرّكات الكهربائيّة الأساسيّة، وتحديد أعطالها، وتركيب دارت التحكُّم بها، وذلك من خلال الآتي:

- **فحص محرّك التيّار المتناوب ثلاثيّ الطور، وتشغيله، وتركيب دارات التحكُّم به.**
- **فحص محرّك التيّار المتناوب أحاديّ الطور، وتشغيل، وتركيب دارات التحكُّم به.**
- **فحص محرّك التيّار المستمرّ وتطبيقاته، وتشغيلها.**
- **فحص محرّك السيرفو وتطبيقاته، وتشغيلها.**

الكفايات المهنية

الكفايات المتوقَّع امتلاكها من الطلبة بعد الانتهاء من هذه الوحدة:

أوّلاً- الكفايات الحرفيّة

- القدرة على فحص محرّك التيّار المتناوب ثلاثيّ الطور، وتشغيل، وتركيب دارات التحكُّم به.
- القدرة على فحص محرّك التيّار المتناوب أحاديّ الطور، وتشغيل، وتركيب دارات التحكُّم به.
- القدرة على فحص محرّك التيّار المستمرّ وتطبيقاته، وتشغيلها.
- القدرة على فحص محرّك السيرفو وتطبيقاته، وتشغيلها.

ثانياً: الكفايات الاجتماعيّة والشخصية

- مصداقيَّة التعامل مع الزبون.
- الحفاظ على خصوصيَّة الزبون والمسؤوليّة والإحساس بالواجب.
- الضمان الذّاتيّ.
- الدِّقَّة في المواعيد.
- الموثوقيّة.
- تقبُّل النقد.
- التعامل بشكل بنّاء مع النزاعات.
- الاستقلاليّة.
- الموقف الإيجابيّ نحو المهام والعمل والحياة.
- المبادرة والاستجابة والالتزام بالعلاقات الاجتماعيّة.
- المسؤوليّة الاجتماعيّة.
- قبول توزيع الأدوار.
- القدرة على التأمُّل الذّاتيّ والتَّفهُّم والمشاركة في التفاعلات.
- التواصل والاتصال الفعّالين مع الزبون، والمظهر اللائق.
- التمثُّل بأخلاقيّات المهنة في العمل.
- الاستعداد لاستشارة ذوي الخبرة والاختصاص.

ثالثاً: الكفايات المنهجية

- العمل التعاوني (لعب الأدوار، والمحاكاة، وفرق العمل، والبحث العلميّ، والمجموعات... إلخ)
- الحوار والمناقشة.
- البحث العلميّ.
- العصف الذِّهنيّ (استمطار الأفكار).

وسائل و إجراءات الأمن والسلامة والسلوك المهني

- ارتداء الزي المناسب (ملابس مناسبة وغير فضفاضة أو ذات أطراف طويلة) وعدم لبس أي نوع من أنواع المعادن في اليدين أو الجسم (خواتم، وسلاسل، وساعات... إلخ) للوقاية من أي خطر، ويُمنَع حمل الهاتف الجوال بسبب توليده للمجال الكهرومغناطيسيّ والكهرباء الساكنة.
- توفّر متطلبات السلامة الشخصية والبيئة المحيطة (الكفوف، والأرواب، والعوازل الأرضية، والشفاطات إن لزم الأمر، الطفايات، وأنظمة المراقبة والأمان، وحقيبة الإسعافات الأولية.. إلخ).
- التركيز أثناء العمل، والتزام الانضباط والحذر والحد من أي ضوضاء، وعدم العمل في الدارة الكهربائيّة وهي تحتوي على التيّار الكهربائيّ.
- عدم العبث بالأجهزة والأدوات الموجودة داخل المشغل أو الورشة، وحفظها بصورة جيدة.
- الالتزام بتعليمات التشغيل لأي جهاز أو أداة تدريبية، وعدم إزالة أي جزء مخصَّص للحماية والأمان.
- التأكّد من عزل الأسلاك الَّتي تتعامل معها، وعدم تعريضها للتلف، ومراعاة ابتعادها عن أي وصلات معدنية أو مياه، والانتباه إلى أي أسلاك كهربائيّة يمر بها تيّار كهربائيّ.
- الانتباه إلى الجهد المقرَّر لكلّ جهاز قبل تشغيله.
- التأكّد من وجود العازل الكهربائيّ ونظام تأريض ممتاز في مكان العمل.
- المحافظة على نظافة المكان وترتيبه بصفة دائمة بعد الانتهاء من التدريب.
- عمل صيانة دورية للأجهزة، وفحص الأسلاك والتوصيلات وبيئة التدريب.
- اتِّباع تعليمات المدرّب ومراجعته عند الضرورة.

6-1 الموقف التعليميّ التعلّمي: فحص وتشغيل محرّك التيّار المتناوب ثلاثيّ الطور، وتركيب دارات التحكُّم به

وصف الموقف التعليميّ:

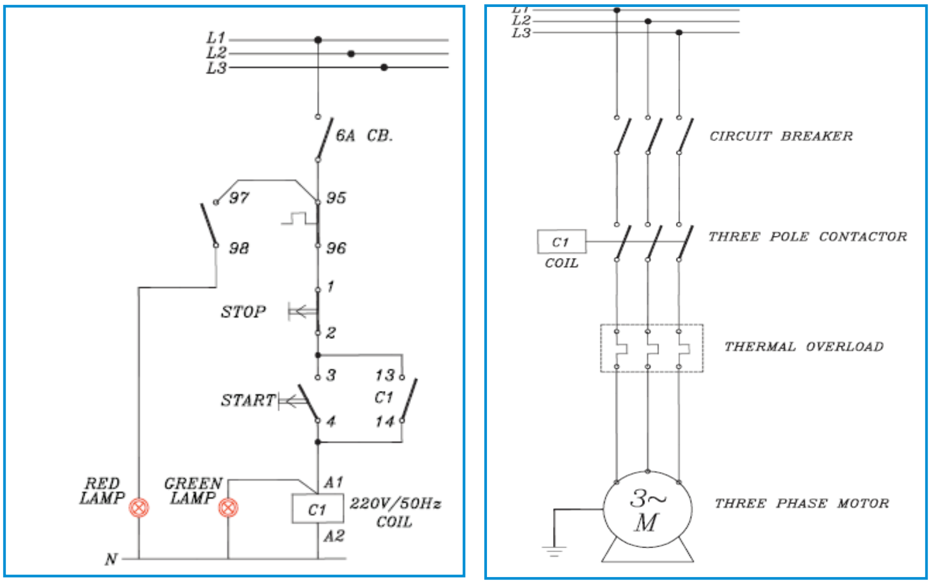
(حضر صاحب مشغل إلى مؤسسة الصيانة يشكو من انبعاث دخان ورائحة من محرّك ضاغطة الهواء، وطلب فحص المحرّك، وعمل اللازم لإعادة تشغيل الضاغطة).

العمل الكامل:			
خطوات العمل	وصف الموقف الصفي	المنهجيّة (إستراتيجيّة التعلّم)	الموارد حسب الموقف التعليميّ
أجمع البيانات، وأحلّلها	• جمع البيانات من صاحب المشغل حول: - نوع محرّك الضاغطة. - قدرة الضاغطة الكلّيّة. - وجود مشاكل في مصدر الجهد الّذي تعمل عليه الضاغطة. - هل تمَّ عرض الضاغطة على مؤسسة أخرى للصيانة • جمع البيانات حول: - أنواع المحرّكات الكهربائيّة. - تركيب المحرّك الحثّيّ ثلاثيّ الأطوار ومبدأ عمله. - العناصر الكهربائيّة المستخدمة في دارات تشغيل المحرّكات. - طرق بدء الحركة في المحرّكات الحثّيّة ثلاثيّة الأطوار. - دارات تشغيل وبدء الحركة في المحرّكات الحثّيّة ثلاثيّة الأطوار. - دارات عكس الدوران في المحرّكات الحثّيّة ثلاثيّة الأطوار. - دارات التشغيل المعتمد على الزمن للمحرّكات - طرق فحص المحرّك ثلاثيّ الأطوار	• الحوار والمناقشة • البحث العلميّ. • العصف الذِّهنيّ • العمل التعاوني.	• طلب صاحب المشغل الكتابي (وصف المهمّة، وكتاب رسمي). • كتالوجات حول المحرّكات، والمفاتيح التلامسية، وعناصر التحكُّم • الشبكة العنكبوتية (الإنترنت) والمواقع العلميّة الموثوقة (المحكّمة). • القرطاسيَّة.

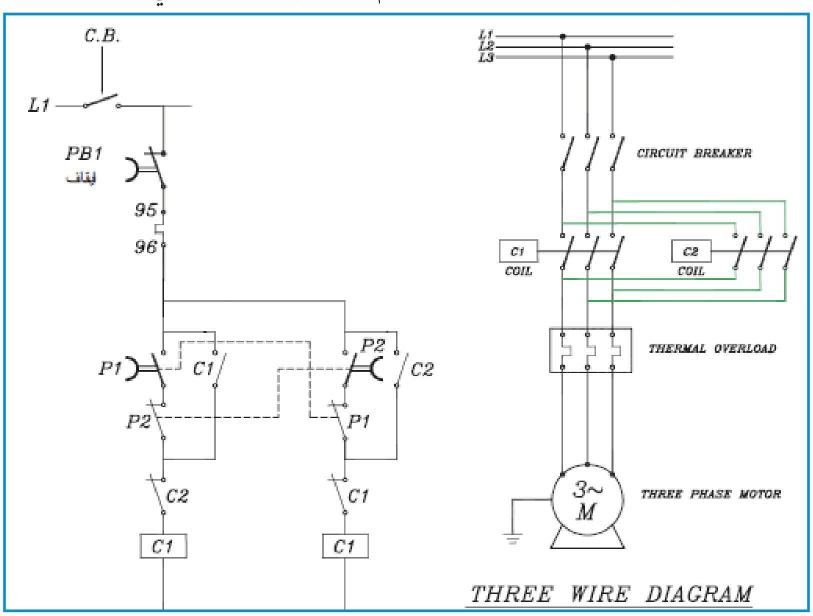
أخطّط، وأقرّر	• أصنف البيانات الَّتي تمَّ جمعها حول (نوع المحرّك، وقدرة المحرّك ، ومصدر جهد المحرّك، ومصدر جهد التغذية) • تحديد خطوات العمل: وضع مقترحات وبدائل لحل المشكلة. دراسة البدائل وتحديد نقاط القوّة والضعف. - تحديد البديل الأنسب. - إعداد جدول زمنيّ للتنفيذ. - رسم مخطّط دارة بدء المحرّك ثلاثيّ الأطوار على الخط مع تفسير آليّة عمل الدارة. • رسم مخطّط دارة عكس دوران المحرّك ثلاثيّ الأطوار مع تفسير آليّة عمل الدارة. • رسم مخطّط دارات التشغيل المعتمد على الزمن للمحرّكات. • تحضير الأجهزة اللازمة لفحص المحرّك. • تحضير مواصفات المحرّكات الكهربائيّة المستخدمة. • تحضير مواصفات القطع الكهربائيّة المستخدمة. • تحديد الأدوات والعِدَد والأجهزة اللازمة • إعداد خطة لتنفيذ العمل تتضمن زمن المهمّة والوقت المقدر.	• العصف الذِّهنيّ (استمطار الأفكار حول دارات المحرّكات ثلاثيّة الأطوار). • المناقشة والحوار. • التعلّم التعاوني (العمل ضمن فريق)	• البيانات الَّتي تمَّ جمعها من الزبون. • كتالوجات حول المفاتيح التلامسية والمحرّكات... • نموذج جدولة وقت تنفيذ المهام (الخطة). • طلب صاحب المشغل. • الإنترنت (مواقع خاصة بالمحرّكات وداراتها ذات مصداقيَّة). • القرطاسيَّة اللازمة.
أنفّذ	• أراعي قواعد الأمان والسلامة العامة وأتنبّه إلى: - استخدام مصدر الجهد 380 فولت ثلاثيّ الأطوار عند تشغيل الدارة. - أقوم بتركيب دارة بدء المحرّك ثلاثيّ الأطوار على الخط، وتوصيلها مع المحرّك بعد فحص المحرّك. - أقوم بتركيب دارة عكس دوران المحرّك ثلاثيّ الأطوار وتوصيلها مع المحرّك بعد فحص المحرّك. - أقوم بتركيب دارة دارات التشغيل المعتمد على الزمن للمحرّكا.	• الحوار والمناقشة. • العصف الذِّهنيّ. • العمل التعاوني. • حل المشكلات.	• مصدر قدرة ثلاثيّ الأطوار. • مفاتيح تلامسية مع ملامسات مساعدة. • ضواغط تشغيل وإيقاف. • محرّكات ثلاثيّة الأطوار. • مرحّلات حراريَّة (أوفرلود). • قواطع دارة ثلاثيّة الأطوار. • قواطع دارة أحاديّة الطور. • مفكات متنوعة. • عرّاية أسلاك. • قطّاعة أسلاك. • القرطاسيَّة. • لوحة كهربائيّة مع جسور تعليق.

أتحقّق	• أراعي قواعد الأمن والسلامة العامة، وأتنبَّه إلى قيمة مصدر الجهد قبل التشغيل. • أصل دارة بدء المحرّك ثلاثيّ الأطوار مع مصدر الجهد، وأتأكّد من عمل الدارة. • أصل دارة عكس دوران المحرّك ثلاثيّ الأطوار مع مصدر الجهد، وأتأكّد من عمل الدارة. • أصل دارة التشغيل المعتمد على الزمن للمحرّكات مع مصدر الجهد، وأتأكّد من عمل الدارة. • أتأكّد من الوثائق والنماذج الَّتي تمَّ تعبئتها خلال أداء المهمّة. • أُعيد العِدَد والأدوات المستخدمة لمكانها، وأُنظِّف موقع العمل.	• العصف الذِّهنيّ. • عمل المجموعات. • لعب الأدوار. • الحوار والمناقشة.	• طلب صاحب المشغل. • الوثائق والتقارير. • المواصفات. • مخطّطات التحكُّم الكهربائيّة. • العلاقات الحسابيَّة. • أجهزة القياس. • القرطاسيَّة.
أوثّق، وأعرض	• أوثِّق نتائج جمع البيانات حول: مخطّطات الدارات الَّتي تمَّ تنفيذها - أداء الدارات الَّتي تمَّ تنفيذها والبيانات المرتبطة بها. - أنواع المحرّكات الكهربائيّة - تركيب المحرّك الحثّيّ ثلاثيّ الأطوار ومبدأ عمله. - العناصر الكهربائيّة المستخدمة في دارات تشغيل المحرّكات. - طرق بدء الحركة في المحرّكات الحثّيّة ثلاثيّة الأطوار. - دارات تشغيل وبدء الحركة في المحرّكات الحثّيّة ثلاثيّة الأطوار. - دارات عكس الدوران في المحرّكات الحثّيّة ثلاثيّة الأطوار. - دارات التشغيل المعتمد على الزمن للمحرّكات - طرق فحص المحرّك ثلاثيّ الأطوار - أنشئ مِلفّاً لكلّ حالة. - أجهّز تقريراً فنّيّاً للزبون. - أُعِدّ تقريراً كاملا بالعمل.	• الحوار والمناقشة. • اعرض النتائج مستخدما برنامج البوربوينت أو أي برنامج مناسب بمنهجية لعب الأدوار.	• جهاز العرض (LCD) • جهاز الحاسوب. • نماذج عمليّة. • قرطاسيَّة.

أقوّم	• أقيّم رضا صاحب المشغل عن حل المشكلة. • أقيّم عمل كُلّ الدارة في جميع ظروف التشغيل. • أقيّم أهمية تطوير الدارات لتتلاءم مع ظروف التشغيل بشكل أفضل • أعبِّئ نموذج التقييم.	• النقاش الجماعيّ. • البحث العلميّ.	• نماذج التقويم. • طلب صاحب المشغل. • كتالوجات ونشرات للمعايير والمواصفات الخاصَّة بالمحرّكات وداراتها. • المخطّطات الفنيَّة. • ورقة / نموذج العمل الخاص بالتقييم. • القرطاسيَّة.



الشكل (1): دارتا القدرة والتحكُّم بتشغيل محرّك ثلاثيّ الطور.



الشكل (2): دارتا القدرة والتحكُّم لعكس اتِّجاه محرّك ثلاثيّ الطور.

الأسئلة:

1. ارسم دارة القدرة والتحكُّم لتشغيل محرّك ثلاثيّ الأطوار من مكانين، وإطفائه من مكانين، مع وضع مصباح إشارة أول؛ ليدل على عمل المحرّك، ومصباح إشارة ثانٍ؛ ليدل على التوقف الطبيعيّ للمحرّك، ومصباح إشارة ثالث؛ ليدل على حدوث فصل للمحرّك نتيجة زيادة التحميل.
2. ناقش: أثر حدوث قطع في أحد الأطوار على عمل المحرّك الحثّيّ ذي القفص السنجابيّ ثلاثيّ الأطوار.
3. ماذا تتوقَّع أن يحصل عند عمل كلا مفتاحي التلامس (الكونتاكتورين) في دارة عكس دوران المحرّك الحثّيّ ثلاثيّ الأطوار؟ وما الطرق المستخدمة لتلافي حصول ذلك؟
4. عدل دارة التحكُّم لتشغيل محرّك على الخط، بحيث يمكن تشغيل المحرّك لحظيّاً عند الضغط على الضاغط الخاص بذلك، بالإضافة إلى إمكانية التشغيل والإطفاء العادي.
5. ناقش الحالات العمليّة الَّتي يجب فيها إطفاء المحرّك قبل عكس اتِّجاه دورانه. وارسم دارات التحكُّم الَّتي يمكن عكس دوران محرّك دون إطفائه، وتلك الَّتي يحب إطفاؤه قبل عكس اتِّجاه دورانه.
6. ارسم دارة القدرة والتحكُّم لتشغيل محرّك كما يأتي:
   عند الضغط اللحظي على ضاغط التشغيل يعمل المحرّك لمدة 10 ثوانٍ، ثمّ يقف وحده. يلزم استخدام ضاغط إيقاف لإيقاف المحرّك في أية لحظة.

أتعلم: فحص محرّك التيّار المتناوب ثلاثيّ الطور، وتشغيله، وتركيب دارات التحكُّم به.

نشاط (1):

اكتب تقريراً عن العناصر الكهربائيّة المستخدمة في دارات تشغيل المحرّكات (ضواغط، ومفاتيح مغناطيسيّة، مرحّلات حماية... إلخ)، وذلك من حيث: أنواعها، وأشكالها، ومواصفاتها الكهربائيّة، وطرق توصيلها.

محرّكات التيّار المتناوب

محرّك التيّار المتناوب هو محرّك كهربائيّ يحول الطاقة الكهربائيّة إلى طاقة حركية ميكانيكيّة، ويتألَّف بشكل عام من جزأين هما: الجزء الساكن (Stator)، والجزء الدّوّار (Rotor)، وتتميز هذه المحرّكات ببساطتها، وانخفاض ثمنها مقارنة بغيرها، وقلَّة الحاجة إلى الصيانة.

أنواع محرّكات التيّار المتناوب.

من حيث عدد الأطوار:

أ- محرّكات ثلاثيّة الأطوار. ب- محرّكات أحاديّة الطور.

من حيث التركيب:

1. المحرّكات الحثيّة: وتقسم إلى:

أ- المحرّكات الحثيّة ذات العضو الدائر من نوع القفص السنجابيّ.

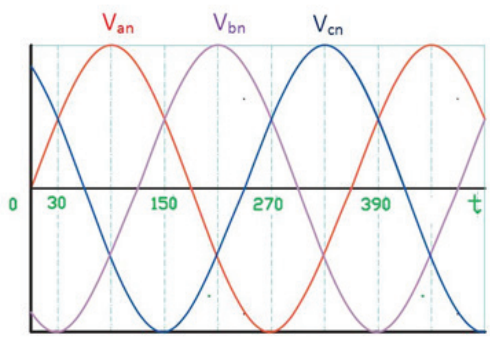
ب- المحرّكات الحثيّة ذات العضو الدائر الملفوف.

2. المحرّكات التوافقية.

يعد المحرّك الحثّيّ ذو العضو الدائر من نوع القفص السنجابيّ من أكثر المحرّكات انتشاراً نظراً لتوافقه مع شبكة التوزيع الَّتي تعمل على التيّار المتناوب؛ بالإضافة إلى مميزاته الَّتي تشمل تركيبه البسيط والمحكم، وقلة حاجته للصيانة والتكلفة المنخفضة نسبيّاً. لذلك ستكون دراستنا في هذا الموقف التعليميّ محصورة في هذا المحرّك، وبالذات المحرّك ثلاثيّ الأطوار.

النظام ثلاثيّ الأطوار

يتكوَّن مصدر التغذية ثلاثيّ الأطوار من خمسة خطوط، ثلاثة تمثل الأطوار (الفازات) الثلاثة (L1، L2، L3)، وخط المحايد (النيوترال) (N)، وخط الأرضي (PE). ويوجد بين الطور الأول والطور الثاني فرق في الطور يساوي °120، وبين الطور الثاني والطور الثالث فرق في الطور يساوي °120 أيضاً، كما في الشكل (3).



الشكل (3): شكل إشارة مصدر التغذية ثلاثيّ الطور.

وعند قياس الجهود بين الأطوار الثلاثة (L1، L2، L3) وخط المحايد (N) بواسطة جهاز الفولتميتر فإننا نحصل على القراءات الآتية (Vrms):

L1 -N ، L2- N، L3- N = $230V_{rms}$، ويسمّى جهد الوجه (Vph)

L1- L2، L1- L3، L2 - L3 = $400V_{rms}$، ويسمّى جهد الخط (VL)

المحرّكات الحثّيّة (Induction Motors) ذات القفص السنجابيّ

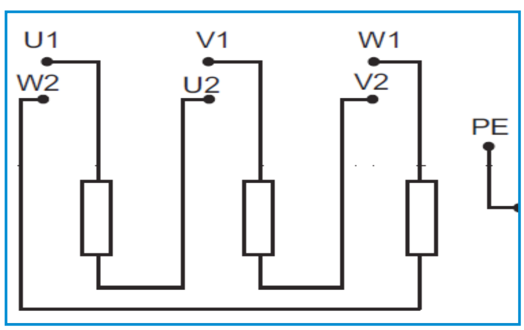
تركيب المحرّك الحثّيّ من نوع القفص السنجابيّ

يُبيِّن الشكل (4) تركيب هذا المحرّك، الذي يتكوَّن من الأجزاء الرئيسيّة الآتية:



الشكل (4): الأجزاء الرئيسيّة للمحرّك الحثّيّ ذي القفص السنجابيّ

- **الجزء الساكن (Stator):** وهو يتكوَّن من رقائق (صفائح) متراصّة من الحديد المغناطيسيّ المعزولة عن بعضها (لتقليل التيّارات الإعصارية) بحيث يكون جسما أسطوانيّاً محفوراً بداخله عدد من المجاري، وذلك لتركيب الملفّات داخلها. وفي حالة المحرّك ثلاثيّ الأوجه يتمّ تركيب ثلاثة ملفّات داخل المجاري، بحيث تكون الزاوية بين كُلّ ملفّ وآخر 120 درجة كهربائيّة. أي أنه وفي نهاية عمليّة اللف يكون قد تمَّ تركيب ثلاثة ملفّات في العضو الساكن، لكلّ ملفّ طرفان. ويكون ترتيبها على لوحة التوصيل، كما في الشكل (5).

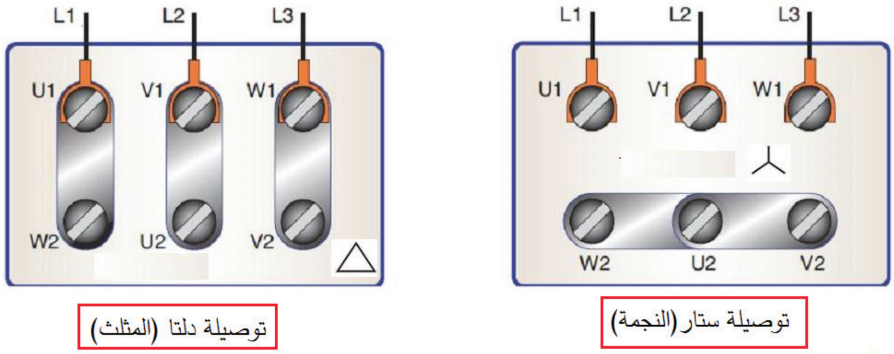


الشكل (5): ترتيب أطراف التوصيل في المحرّك ثلاثيّ الأطوار

ويتم تغذية العضو الساكن من خلال هذه الأطراف الستة بمصدر التغذية، بعد توصيل المحرّك توصيلة ستار أو دلتا، كما في شكل (6).

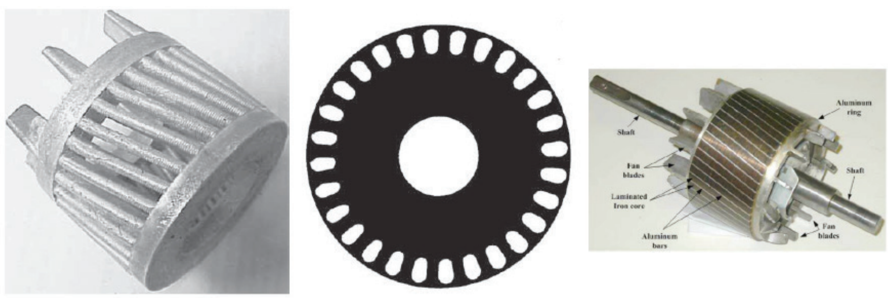
نشاط (1):

ابحث في خصائص كُلّ من توصيلة ستار ودلتا للأحمال ثلاثيّة الأوجه من ناحية القدرة المستهلكة، وتيار وجهد الخط، وتيار وجهد الوجه لكلّ منهما.



الشكل (6): توصيلة ستار ودلتا في المحرّك ثلاثيّ الأطوار

- **الجزء (العضو) الدائر (rotor):** وهو الجزء الَّذي يقوم بتدوير الحمل، ويتكوَّن من شرائح دائرية من الحديد المغناطيسيّ بها مجارٍ، كما هو موضح في الشكل (7). ويتم تركيب قضبان من الألمنيوم أو النحاس داخل هذه المجاري تنفذ من الجانبين، وتلحم مع حلقتي قصر مشكِّلة مِلفّاً على شكل قفص. ويتم ضغط هذه الشرائح وتركيبها على عمود؛ لتشكل العضو الدائر للمحرّك.



الشكل (7): العضو الدّوّار في المحرّك الحثّيّ ذي القفص السنجابيّ

مبدأ عمل المحرّك الحثّيّ من نوع القفص السنجابيّ.

عند توصيل ملفّات العضو الساكن الموصولة ستار أو دلتا إلى مصدر الجهد المتناوب ثلاثيّ الأطوار، فإنّه ينشأ داخل العضو الساكن مجال مغناطيسيّ ثابت في المقدار، ولكنه يدور بسرعة ثابتة. وبسبب وجود هذا المجال الدّوّار تنشأ تيّارات كهربائيّة داخل العضو الدّوّار، الَّتي تتفاعل مع المجال المغناطيسيّ في العضو الساكن؛ بما يؤدي إلى دوران المحرّك بنفس اتّجاه المجال، بسرعة تقل قليلا عن سرعة المجال المغناطيسيّ الدّوّار. **وتعطى سرعة المجال المغناطيسيّ الدّوّار بالعلاقة:**

$$Ns = \frac{120 \times f}{P}$$

حيث:

- Ns: السرعة التزامنيّة للمجال المغناطيسيّ الدّوّار.
- f: تردّد المصدر.
- p: عدد الأقطاب.

سؤال:

- احسب السرعة التزامنيّة للمجال الدّوّار في محرّك حثّيّ ثلاثيّ الأوجه ذي أربعة أقطاب يعمل على مصدر جهد تردّده 50 هيرتز.

عند عمل المحرّك من دون حمل تكون سرعة المحرّك عالية وقريبة (أقلّ) من السرعة التزامنيّة. أما عند تطبيق حمل على المحرّك فتبدأ سرعة المحرّك بالانخفاض؛ ممّا يسبِّب زيادة التيّار المارّ وتولّد عزماً أكبر في المحرّك، ويستمرّ المحرّك بالدوران بسرعة أقلّ من السرعة السابقة، وأقلّ من السرعة التزامنيّة.

القدرة في المحرّكات الحثّيّة ثلاثيّة الأوجه.

تقوم المحرّكات بتحويل القدرة الكهربائيّة الداخلة من المصدر الكهربائيّ إلى قدرة ميكانيكيّة على العضو الدائر. وتعطى القدرة الكهربائيّة الداخلة إلى حمل ثلاثيّ الأطوار (محرّك ثلاثيّ الأطوار) بالعلاقة الآتية:

$$P_{in} = \sqrt{3}\, V_L\, I_L \cos \phi$$

حيث: - P_{in}: القدرة الكهربائيّة الداخلة.

- V_L: جهد الخط (ويساوي (400) فولت في بلادنا).
- I_L: تيّار الخط (التيّار المسحوب من المصدر).
- $\cos \phi$: معامل قدرة الحمل (المحرّك).

ولا تتحوّل جميع القدرة الكهربائيّة الداخلة إلى المحرّك إلى قدرة ميكانيكيّة خارجة، حيث يوجد مفاقيد كهربائيّة وميكانيكيّة. وبشكل عام فإنّ العلاقة بين القدرة الكهربائيّة الداخلة للمحرّك والقدرة الميكانيكيّة الخارجة من المحرّك تعطى من خلال العلاقة:

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}}$$

حيث: - η: معامل الكفاءة للمحرّك

- P_{out}: القدرة الكهربائيّة الخارجة
- P_{in}: القدرة الكهربائيّة الداخلة

وفي لوحة مواصفات المحرّك يتمّ إعطاء قيمة القدرة الميكانيكيّة الخارجة، وذلك إمّا بالواط للمحرّكات الصغيرة أو بالكيلو واط (kW) أو الحصان (HP) للمحرّكات الكبيرة مع العلم أن كُلّ حصان = 746 واط (W).

مثال (1):

مُحرّك حثّيّ 22kW، 400V، 3ϕ يعمل عند التحميل الكامل بمعامل قدرة = 0.75، وبمعامل كفاءة = 0.85 احسب التيّار الَّذي يسحبه المحرّك عند الحمل الكامل.

الحل:

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \quad \text{ومنها} \quad P_{in} = \frac{P_{out}}{\eta}$$

$$P_{in} = \frac{22000}{0.85} = 25882.4\ W$$

$$P_{in} = \sqrt{3}\ V_L\ I_L \cos\phi$$

$$25882.4 = \sqrt{3} \times 400 \times I_L \times 0.75$$

$$I_L = 49.87A$$

العناصر المستخدمة في دارات تشغيل المحرّكات الحثّيّة ذات القفص السنجابيّ.

تشمل دارات تشغيل المحرّكات كلّاً من دارات بدء الحركة وعكس الدوران وتشغيل المحرّكات على سرعات مختلفة وغيرها. وتستخدم في هذه الدارات عناصر كهربائيّة أو دارات إلكترونيّة. في هذا الموقف سوف يتمّ التركيز على دارات التشغيل الّتي تحتوي على عناصر كهربائيّة، على أن يتمّ التطرّق إلى الدارات الإلكترونيّة المستخدمة في تشغيل المحرّكات في الوحدة النمطيّة المتعلّقة بإلكترونيّات القوى.

العناصر الأساسيّة الواجب توفّرها في دارات تشغيل المحرّكات

يجب أن تتضمن دارات تشغيل المحرّكات العناصر الرئيسيّة الآتية:

1. **عنصر حماية من قصر الدارة:** ويتم تركيب قواطع دارة أو مصهرات بمقررات وخصائص مناسبة للدارة، بحيث تضمن حماية جميع عناصر الدارة مع كوابل التوصيل. وقد تمَّ التعرض إلى قواطع الدارة وخصائصها في الجزء الأول من هذا الكتاب.
2. **عنصر حماية من تيّار تعدي الحمل:** والمقصود بتيار تعدي الحمل هو تيّار أعلى من التيّار المقرَّر للحمل أو الدارة، ولكنه لا يمكن اعتباره تيّار قصر دارة. وهو يمثل خطرا على عناصر الدارة من موصلات ومحرّكات وغيرها. وفي حالة المحرّكات بالذات يجب حماية المحرّك من تيّار تعدي الحمل؛ لأنّه قد يسبِّب احتراق ملفّات المحرّك. ويستخدم المرحِّل الحراري (الأوفرلود) للحماية من هذا التيّار.

3. **مفتاح يدويّ لفصل الدارة أو عزلها عند الحاجة:** ويستخدم مفتاح عزل يدويّ خاص، أو يمكن استخدام قاطع الدارة لهذا الغرض أيضاً.

4. **عنصر يقوم بفصل الدارة ووصلها آليا** حسب الإشارات الكهربائيّة من عناصر التحكُّم. ويستخدم المفتاح التلامسي (الكونتاكتور) لهذا الغرض.

5. **عناصر الإشارة والتحكُّم:** وتشمل الضواغط وعناصر ودارات التحكُّم.

6. **موصلات (كوابل)** ذات مساحة مقطع مناسبة تتحمَّل التيّار المارّ في الدائرة، وتضمن عدم حصول هبوط كبير في فرق الجهد من ناحية، وممدودة بطريقة تمديد مناسبة للظروف البيئية المحيطة.

وفيما يلي وصف موجز لبعض العناصر المذكورة أعلاه.

أ- المفتاح المغناطيسيّ (التلامسي) (Contactor): ويشبه في تركيبه ومبدأ عمله المرحِّل، الَّذي تمَّ شرحه في الفصل الأول من هذا المساق. ولكنه يمتاز في العادة بأنَّ تلامساته تتحمَّل تيّارات أعلى من المرحِّل كما في الشكل (8).

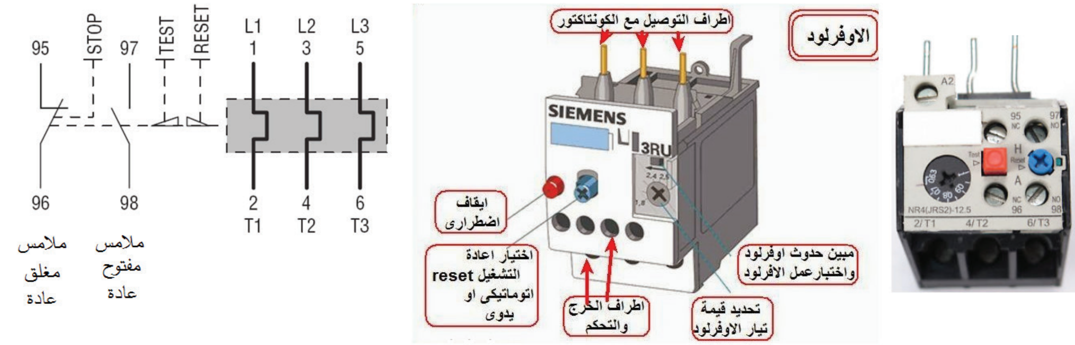


الشكل (8): المفتاح التلامسي (الكونتاكتور)

ويتم ترقيم النقاط المساعدة والرئيسيّة بعدة رموز واختصارات تختلف من شركة لأخرى. وتشير الأرقام 1-2، 3-4، 5-6 والاختصارات L1-T1 ، L2-T2 ، L3-T3 إلى بدايات ونهايات الملامسات الرئيسيّة. أما الملامسات المساعدة فترقم برقمين، الأول من اليسار يمثل رقم الملامس، والرقم الثاني يمثِّل طبيعة عمل الملامس كما يأتي:

- 1 و2 ملامس مغلق عادة.
- 3 و4 ملامس مفتوح عادة.

ب- المرحِّل الحراري (الأوفرلود): ويستخدم لحماية المحرّك من تيّار تعدّي الحمل. كما في الشكل (9). حيث إنَّه عند ارتفاع التيّار المسحوب من خلال المرحِّل الحراري عن التيّار المضبوط، فإنّ الملامسات المساعدة فيه تغير وضعها، حيث يتحوَّل الملامس المغلق إلى مفتوح، والمفتوح إلى مغلق، ممّا يسبِّب فصل الكونتاكتور المغذّي للمحرّك. ويتمّ ضبط تيّار المرحِّل الحراري ما بين (1.05-1.2) من التيّار المقرَّر (المسحوب) للمحرّك.



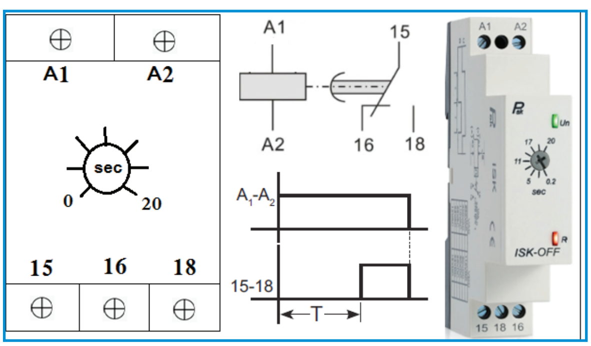
الشكل (9): شكل التوصيل للمرحل الحراري (الأوفرلود) وأطرافه

جـ- ضواغط التشغيل والإيقاف: وتكون ضواغط التشغيل عادة ذات لون أخضر وتلامساتها (NO)، وتستخدم لتمرير التيّار إلى الدارة، أما ضواغط الإيقاف فلونها أحمر وتلامساتها (NC)، وتستخدم لفصل التيّار الكهربائيّ عن الدارة. إما عند الضغط على هذه الضواغط، فتتغير تلامساتها من (NO) إلى (NC) وبالعكس، كما في الشكل (10)



الشكل (10): ضواغط التشغيل والإيقاف

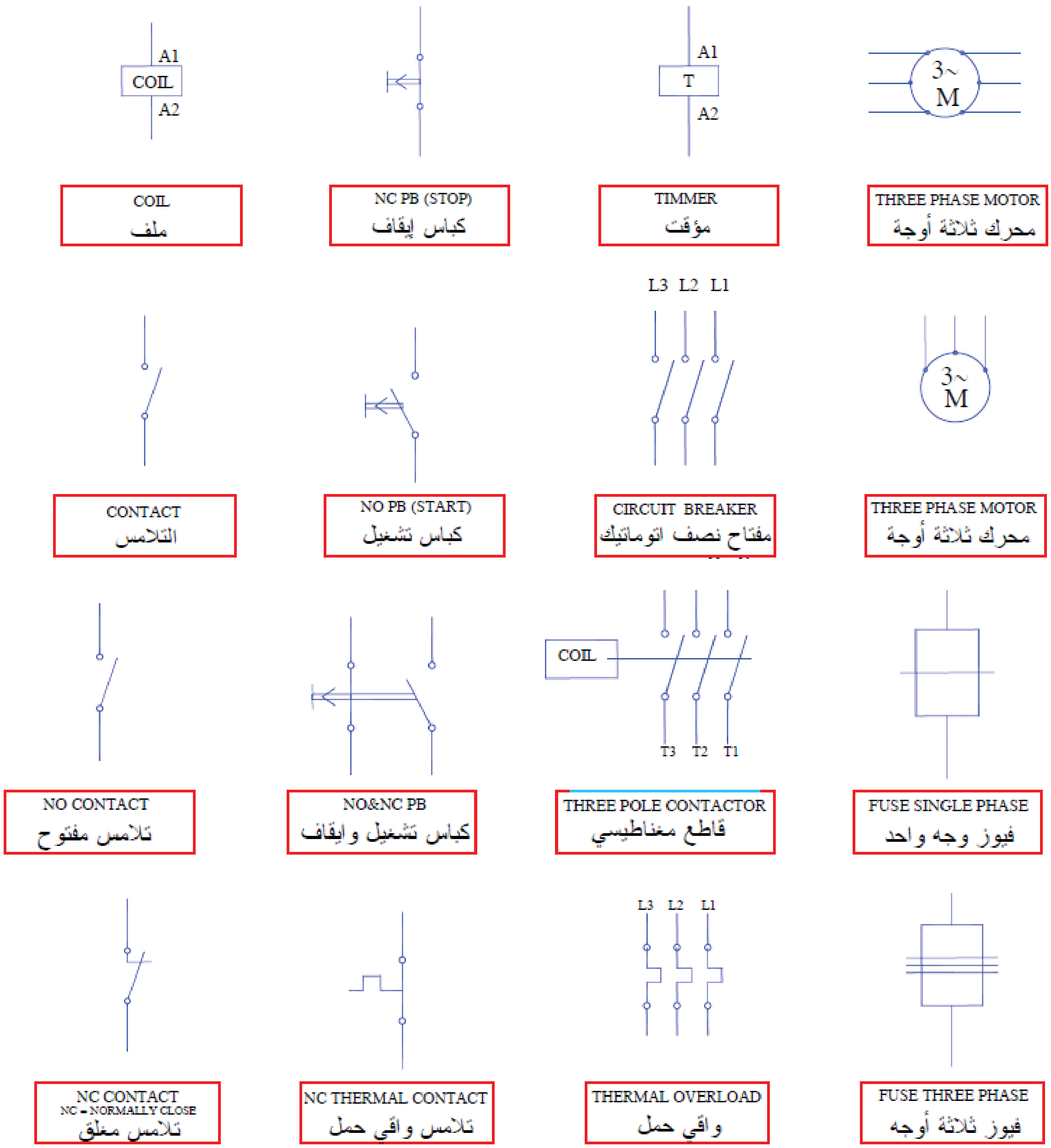
د- المؤقت الزمني (Timer): يستعمل المؤقِّت الزمني في كثير من دوائر التحكُّم العمليّة كتأخير عمل محرّك، أو عمليّة صناعيّة بالنسبة إلى محرّك آخر، وخصوصاً في العمليّات الصناعيّة الَّتي تحتاج إلى تسلسل زمنيّ. يتكوَّن المؤقِّت من ملفّ رئيسي (طرفي التغذية) له طرفان يرمز له بالرمز (A2، A1)، وملامسين (15-16) وهو ملامس مغلق عادة N)، و(15-18)، وهو ملامس مفتوح عادة (NO) كما في الشكل (11).



الشكل (11): المؤقت الزمني

(لاحظ أن النقطة 15 مشتركة بين الملامسين). عند تطبيق الجهد المقرَّر على طرفي الملف، وبعد الفترة الزمنية المضبوط عليها المؤقت، يتغيَّر وضع الملامسات فيصبح الملامس (15-16) مفصولا والملامس (15-18) موصلاً، ويبقى الوضع كذلك حتى يتمّ فصل التغذية عن طرفي الملف، فتعود التلامسات إلى وضعها الطبيعيّ.

وفيما يلى أهم الرموز المستخدمة فى دارات التحكُّم بالمحرّكات:



الشكل (12): أهم الرموز المستخدمة في دارات التحكُّم بالمحرّكات

تمرين إضافيّ (1):

ارسم دارتي التحكُّم والقدرة لتشغيل ثلاثة محرّكات، ثمّ قم بتوصيلها بحيث تعمل كما يأتي:

1. عند الضغط على ضاغط التشغيل يعمل المحرّك الأول.
2. بعد 10 ثوانٍ يعمل المحرّك الثاني أوتوماتيكيا.
3. بعد 15 ثانية يعمل المحرّك الثالث، ويطفئ المحرّك الثاني أوتوماتيكيّاً.
4. يبقى المحرّكان الأول والثالث يعملان حتى الضغط على ضاغط الإيقاف.

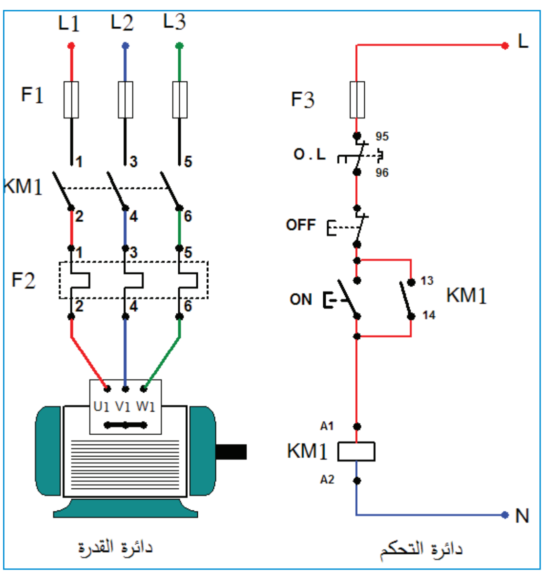
بدء الحركة في المحركات الحثيّة ثلاثيّة الأوجه.

يصل تيّار بدء المحرّك الحثّيّ ثلاثيّ الأوجه (4 - 8) أضعاف تيّار الحمل الكامل عند توصيله توصيلا مباشرا على الخط. وهذا التيّار الكبير يمكن أن تكون له آثاره سلبيّة على المحرّك، أو الحمل أو نظام التغذية الكهربائيّ. ولذلك فإنّ الشركات المزوّدة للطاقة تطلب استخدام طرق لبدء هذه المحرّكات، وذلك للحدّ من تيّار البدء. ومن أجل تخفيض تيّار البدء يلزم تخفيض الجهد الواصل إلى أطراف المحرّك. ولكن العزم في هذه المحرّكات يتناسب طرديّاً مع مربع الجهد؛ ممّا يعني أن تخفيض تيّار البدء سوف يصاحبه انخفاض في عزم البدء الّذي يجب أن يكون أعلى من عزم الحمل عند البدء؛ ممّا قد يعني في بعض الأحيان عدم توفّر العزم اللازم لمسارعة المحرّك من حالة السكون إلى الحالة الاسميَّة؛ وبالتالي فشل عمليّة بدء الحركة للمحرّك.

وهنالك عِدَّة طرق لبدء حركة المحرّكات الحثّيّة ثلاثيّة الأوجه، وفي حالة الحاجة لتخفيض تيّار البدء يجب اختيار طريقة البدء، بحيث يتمّ تخفيض تيّار البدء من دون انخفاض عزم البدء اللازم لمسارعة الحمل. وفيما يأتي بعض الطرق المتبعة لبدء الحركة والتشغيل:

1. التوصيل على الخط (Direct online starting):

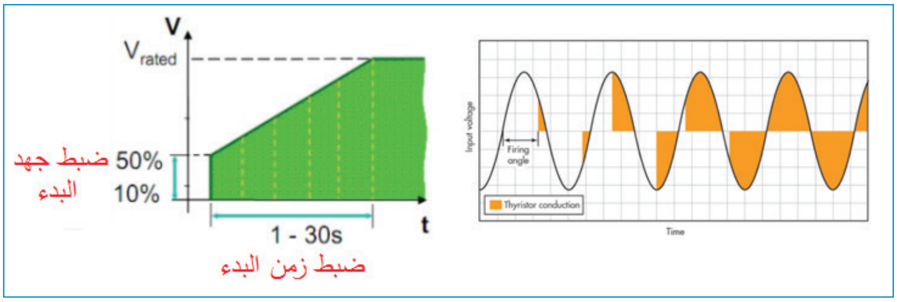
ويتم في هذه الطريقة توصيل ملفّات المحرّك بصورة مباشرة مع الجهد الكامل. وتستعمل هذه الطريقة لبدء المحرّكات الصغيرة القدرة، التي لا تتجاوز 5.5kW أو عندما يكون المحرّك ومصدر القدرة قادرين على تحمل تيّار البدء العالي، وذلك حسب أنظمة الشركة المزوّدة للطاقة الكهربائيّة، كما في الشكل (13).



الشكل (13): دارة القدرة والتحكُّم لبادىء على الخط

2. **توصيلة ستار- دلتا (Star-Delta Starting):** ويتم في هذه الطريقة توصيل المحرّك مع مصدر الجهد الثلاثيّ الأوجه بعد توصيلة ستار، وذلك خلال فترة بدء الحركة، وبعد وصول المحرّك إلى حوالي 80% من السرعة الاسمية، يتمّ تحويل توصيلة ملفّات المحرّك إلى وضع الدلتا، حيث يبقى على هذه التوصيلة أثناء التشغيل. ويتم في هذه الطريقة تخفيض تيّار البدء إلى الثلث.

3. **بادئات الحركة الإلكترونيّة (Soft starters):** وهي عبارة عن دارات إلكترونيّة تقوم بعمليّة بدء المحرّك وإيقافه بتدرج. ويتم ذلك عن طريق ضبط جهد البدء وزمن فترة البدء، ومن ثمّ يقوم البادئ بزيادة الجهد بالتدريج، بحيث يتمّ تطبيق جهد الخط الكامل على المحرّك عند نهاية فترة البدء، كما في الشكل (14). وتمتاز طريقة البدء هذه بإمكانية الضبط الدقيق.

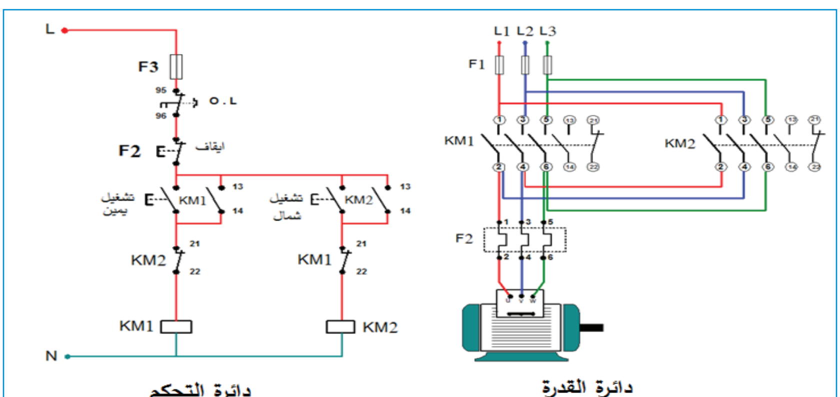


الشكل (14): منحنى البدء وشكل الموجة في بادئات الحركة الإلكترونيّة

لعمليّة البدء لتناسب المحرّك والحمل، بحيث يمكن تلافي الهزات الميكانيكيّة في المحرّك والحمل، ويوفِّر التشغيل والإيقاف الناعم للنظام.

عكس دوران المحرّكات الحثّيّة ثلاثيّة الأوجه

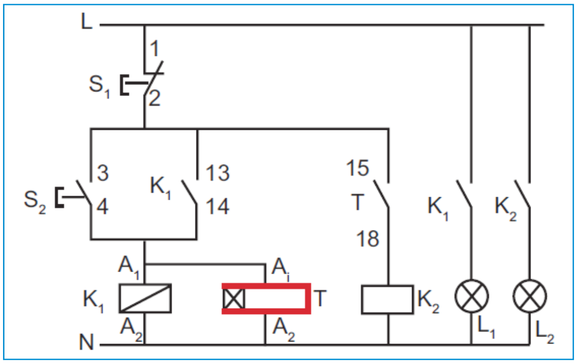
يتمّ عكس اتِّجاه دوران هذه المحرّكات بتبديل ترتيب طورين من الأطوار الثلاثة، مع بقاء الطور الثالث على حاله، حيث يؤدي ذلك إلى عكس اتِّجاه المجال المغناطيسيّ الدّوّار؛ وبالتالي اتِّجاه دوران المحرّك سواء أكان المحرّك موصولا ستار أم دلتا، كما في الشكل (15).



الشكل (15): دارة القدرة والتحكُّم لعكس دوران محرّك ثلاثيّ الأطوار

التشغيل التتابعي للمحرّكات

يلزم في كثير من الآلات أو العمليّات الصناعيّة تشغيل الأحمال المختلفة بناء على تسلسل زمنيّ معين. يُبيِّن الشكل (16) دارة التحكُّم لتشغيل محرّك ثانٍ بعد عمل المحرّك الأول بفترة زمنيّة معيّنة.



الشكل (16): دارة التشغيل التتابعي للمحرّكات

التحكُّم بسرعة المحرّكات الحثّيّة

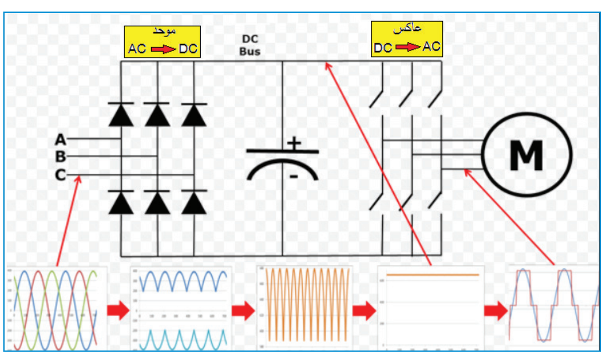
تعتمد سرعة المحرّكات الحثّيّة ذات الثلاثة أوجه أو الوجه الواحد على سرعة المجال المغناطيسيّ الدّوّار (السرعة التزامنيّة). وهذه السرعة تتحدّد بالعلاقة:

$$\mathbf{Ns} = \frac{\mathbf{120 \times f}}{\mathbf{P}}$$

حيث: - Ns: السرعة التزامنيّة للمجال المغناطيسيّ الدّوّار.

- f: تردّد المصدر.
- p: عدد الأقطاب.

ومن هذه العلاقة، فإنه يمكن تغيير سرعة المحرّكات الحثّيّة بواسطة التحكُّم أو تغيير:

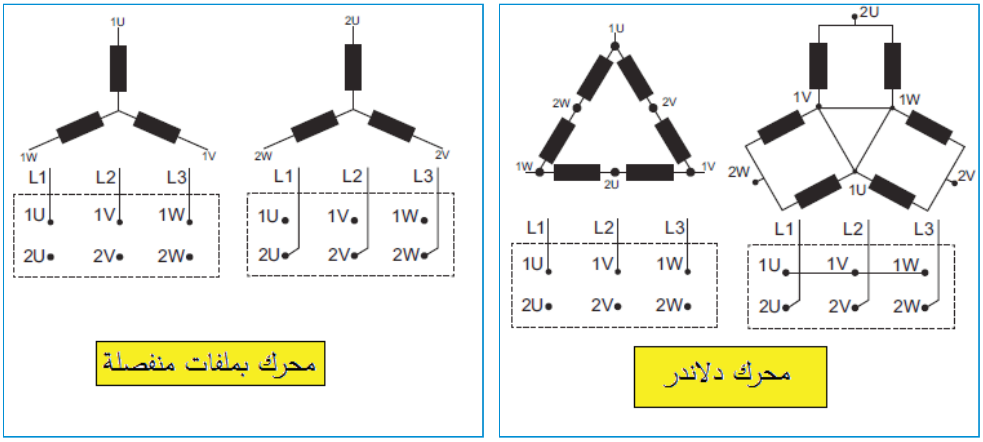


الشكل (17): التركيب الوظيفيّ لمغيِّر السرعة الإلكترونيّ (Inverter)

1. **تردّد المصدر:** حيث تتناسب سرعة المحرّك تناسباً طرديّاً مع التردّد، فكلما زاد التردّد زادت سرعة المحرّك. ويتم ذلك هذه الأيام باستخدام محرّكات السرعة الإلكترونيّة (Inverter)، الذي يتكوَّن من موحد يقوم بتحويل موجة الجهد المتردّدة إلى جهد مستمرّ، ثمّ يتمّ بواسطة دارة إلكترونيّة تسمى العاكس، يتمّ تحويل الموجة المستمرّة إلى موجة متردّدة بتردّد آخر، يتمّ تزويدها إلى أطراف المحرّك، فتتغير سرعة المحرّك، كما في الشكل (17).

2. **عدد الأقطاب:** يتمّ لفّ ملفّات المحرّك، بحيث يمكن توصيل أطراف المحرّك بأكثر من طريقة للحصول على عدد أقطاب مختلف للمحرّك في كُلّ طريقة. وبذلك يدور المحرّك بسرعة مختلفة باختلاف عدد الأقطاب.
ومن الطرق المستخدمة عمليّاً:
أ- لفّ المحرّك كمحرّكين منفصلين بأقطاب مختلفة.
ب- محرّك دلاندر: حيث يتمّ تغيير عدد الأقطاب بواسطة تغيير طريقة توصيل المحرّك.

ويُبيّن الشكل (18) مخطّطا لمحرّكات تعمل بكلا الطريقتين.



الشكل (18): تغيير سرعة المحرّكات الحثّيّة بواسطة تغيير عدد الأقطاب

فحص المحرّكات ثلاثيّة الأطوار

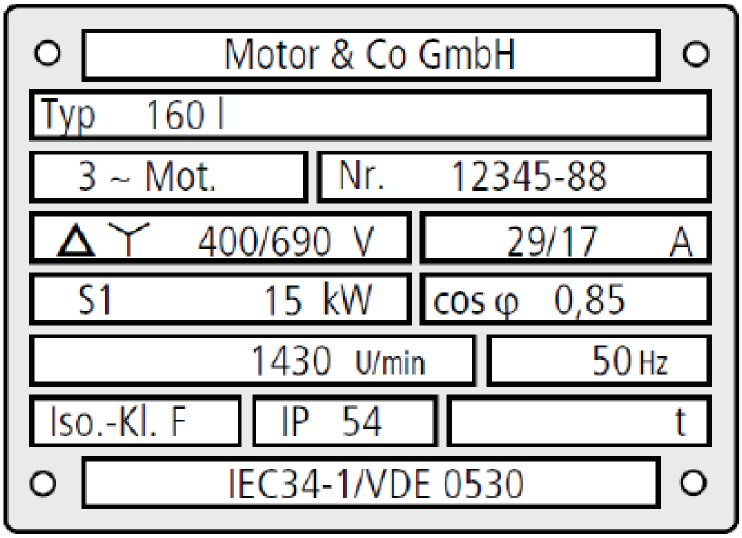
1. قياس مقاومة الملفّات الثلاثة للمحرّك كُلّ على حدة بواسطة الأوميتر (بعد فصل توصيلة الستار أو الدلتا)، حيث يجب أن تكون المقاومات الثلاثة متساوية في المحرّك السليم.
2. فحص العازليّة بين الملفّات الثلاثة ، أي كُلّ ملفّ مع الآخر بواسطة الأوميتر (على التدريج العالي)، أو يفضّل استخدام جهاز الميجر، حيث يجب أن يعطي المحرّك السليم مقاومة عزل عالية (عدة ميجا أوم لا تقل عن 2 ميجا أوم)
3. فحص العازليّة بين الملفّات الثلاثة مع جسم المحرّك بواسطة الأوميتر (على التدريج العالي) أو يفضّل استخدام جهاز الميجر، حيث يجب أن يعطي المحرّك السليم مقاومة عزل عالية (عدة ميجا أوم لا تقل عن 2 ميجا أوم).
4. قياس التيّار الَّذي يسحبه المحرّك أثناء التشغيل، حيث يجب أن لا يزيد هذا التيّار عن التيّار المقرَّر للمحرّك. وإذا كان التيّار أعلى من التيّار المقرَّر، فيجب التأكّد من الحمل الميكانيكيّ والجهد الداخل، وإلا فيمكن أن يكون هناك احتراق في ملفّات المحرّك.

نشاط (3):

ابحث عن أعطال المحرّكات ثلاثيّة الطور والأسباب المحتملة لهذه الأعطال.

اللوحة الاسمية للمحرّك (Motor Nameplate)

هي لوحة مثبّتة على هيكل المحرّك، وتحتوي معلومات هامة عن المحرّك. ويجب الاطلاع وفهم المعلومات الموجودة على هذه اللوحة قبل أي عمليّة توصيل أو تشغيل أو صيانة لهذا المحرّك، وفيما يأتي شرح لأهم القيم الموجودة على اللوحة الاسمية للمحرّك، كما تظهر في الشكل (19).



الشكل (19): لوحة بيانات المحرّك

1. اسم الشركة المصنعة (Motor & Co GmbH)
2. نوع التصميم حجم الإطار (160 I)
3. محرّك تيّار متناوب ثلاثيّ الطور (3 ~ Mot)
4. رقم تسلسلي للمحرّك (Nr. 12345-88)
5. جهد التغذية المقنَّن (400V لتوصيلة دلتا، 690V لتوصيلة ستار)
6. التيّار المقنَّن (29A لتوصيلة دلتا و17A لتوصيلة ستار)
7. قدرة المحرّك (15KW)
8. معامل القدرة (power factor = 0. 85)
9. السرعة المقنَّنة (1430 دورة في الدقيقة)
10. التردّد المقنَّن (50Hz)
11. درجة الحماية (IP 45)
12. معايير ومقاييس (standards and regulations) تصنيع المحرّك

أُفكِّر: كيف يمكن توصيل محرّك ثلاثيّ الطور كي يعمل على طور واحد؟ ارسم الدارة، وقم بتجريبها.

الموقف التعليميّ التعلّمي: 6-2 فحص وتشغيل محرّك التيّار المتناوب أحاديّ الطور وتركيب دارات التحكُّم به.

وصف الموقف التعليميّ:

(جاء مقاول بناء إلى شركة صيانة يشتكي بأن الرّافعة المستخدمة لرفع المواد لا تعمل ويريد من الشركة الكشف عن العطل وإصلاحه وشراء ما يلزم لذلك)

العمل الكامل:			
خطوات العمل	وصف الموقف الصفي	المنهجيّة (إستراتيجيّة التعلّم)	الموارد حسب الموقف التعليميّ
أجمع البيانات، وأحلّلها	• أجمع البيانات من صاحب المشغل حول: - نوع محرّك الرّافعة. - قيمة ونوع مصدر الجهد الَّذي تعمل عليه الرّافعة. - وجود مشاكل في مصدر الجهد الَّذي تعمل عليه الرّافعة. - هل تمَّ عرض الرّافعة على مؤسسة أخرى للصيانة. • جمع البيانات حول: - أنواع المحرّكات الكهربائيّة ذات الوجه الواحد. - تركيب ومبدأ عمل المحرّك الحثّيّ أحاديّ الوجه والمحرّك العام. - دارات توصيل وتشغيل المحرّكات الحثّيّة أحاديّة الوجه. - طرق ودارات عكس الدوران في المحرّكات الحثّيّة أحاديّة الوجه. - طرق ودارات تشغيل وعكس الدوران في المحرّك العام. - طرق فحص المحرّكات أحاديّة الطور.	• الحوار والمناقشة. • البحث العلميّ. • العصف الذِّهنيّ. • العمل التعاوني.	• طلب صاحب المشغل الكتابي (وصف المهمّة، وكتاب رسمي). • كتالوجات حول المحرّكات، وعناصر التحكُّم • الشبكة العنكبوتية (الإنترنت) والمواقع العلميّة الموثوقة (المحكّمة). • القرطاسيَّة.

أخطّط، وأقرّر	• أصنِّف البيانات الَّتي تمَّ جمعها حول (نوع المحرّك، وقدرة المحرّك ، ومصدر جهد المحرّك، ومصدر جهد التغذية) • تحديد خطوات العمل: - وضع مقترحات وبدائل لحلّ المشكلة. - دراسة البدائل وتحديد نقاط القوّة والضعف. - تحديد البديل الأنسب. - إعداد جدول زمنيّ للتنفيذ. • أرسم مخطّط توصيل للمحرّكات أحاديّة الطور ذات القفص السنجابيّ. • أرسم مخطّط توصيل دارة عكس دوران للمحرّكات أحاديّة الطور ذات القفص السنجابيّ. • أرسم دارة تشغيل وعكس دوران المحرّك العام. • أناقش طرق فحص المحرّكات أحاديّة الطور. • أحضر الأجهزة اللازمة لفحص المحرّك. • أحضر مواصفات المحرّكات الكهربائيّة المستخدمة. • أحضر مواصفات القطع الكهربائيّة المستخدمة. • أحدِّد الأدوات والعِدَد والأجهزة اللازمة. • أعد خطة لتنفيذ العمل تتضمن زمن المهمّة والوقت المقدَّر.	• العصف الذِّهنيّ (استمطار الأفكار حول دارات المحرّكات ثلاثيّة الأطوار). • المناقشة والحوار. • التعلّم التعاوني (العمل ضمن فريق)	• البيانات الَّتي تمَّ جمعها من الزبون. • كتالوجات حول المفاتيح التلامسية والمحرّكات... • نموذج جدولة وقت تنفيذ المهام (الخطة). • طلب صاحب المشغل. • الإنترنت (مواقع خاصة بالمحرّكات وداراتها ذات مصداقيَّة). القرطاسيَّة اللازمة.
أنفّذ	• أراعي قواعد الأمان والسلامة العامة، وأتنبَّه إلى: - استخدام مصدر الجهد 220 فولت عند تشغيل الدارة. - أقوم بتوصيل دارات تشغيل المحرّكات أحاديّة الطور ذات القفص السنجابيّ بعد فحص عناصر المحرّك وتمييزها.	• الحوار والمناقشة. • العصف الذِّهنيّ (استمطار الافكار) • العمل التعاوني.	• مصدر قدرة أحاديّ الوجه. • محرّكات أحاديّة الطور ذات القفص السنجابيّ من نوع الوجه المشطور. • محرّكات أحاديّة الطور ذات القفص السنجابيّ بمكثِّف حركة. • محرّكات أحاديّة الطور ذات القفص السنجابيّ بمكثِّف بدء ومكثِّف حركة.

	- أقوم بتركيب دارات عكس دوران المحرّكات أحاديّة الطور ذات القفص السنجابيّ بعد فحص عناصر وملفّات المحرّك وتمييزها. - أقوم بتركيب دارة التشغيل وعكس دوران المحرّك العامّ بعد فحص المحرّك.		• محرّكات أحاديّة الطور من نوع القطب المُظلّل. • محرّكات عامة. • مفاتيح DPST • مفاتيح DPDT. • قواطع دارة أحاديّة الطور. • مفكات متنوعة. • عرّاية أسلاك. • قطّاعة أسلاك. • القرطاسيَّة.
أتحقّق	• أراعي قواعد الأمن والسلامة العامة، وأتنبَّه إلى قيمة مصدر الجهد قبل التشغيل. • أصل دارة تشغيل المحرّك أحاديّ الطور ذي القفص السنجابيّ مع مصدر الجهد، وأتأكّد من عمل الدارة. • أصل دارة عكس دوران المحرّك أحاديّ الطور ذي القفص السنجابيّ مع مصدر الجهد، وأتأكّد من عمل الدارة. • أصل دارة تشغيل، وأعكس دوران المحرّك العامّ، وأتأكّد من عمل الدارة. • أتأكّد من الوثائق والنماذج الَّتي تمَّ تعبئتها خلال أداء المهمّة. • أُعيد العِدَد والأدوات المستخدمة لمكانها، وأُنظِّف موقع العمل.	• العصف الذِّهنيّ. • عمل المجموعات. • لعب الأدوار. • الحوار والمناقشة.	• طلب صاحب المشغل. • الوثائق والتقارير. • المواصفات. • مخطّطات التحكُّم الكهربائيّة. • القرطاسيَّة.
أوثّق، وأعرض	• أوثّق نتائج جمع البيانات حول: أنواع المحرّكات الكهربائيّة ذات الوجه الواحد. - تركيب ومبدأ عمل المحرّك الحثّيّ أحاديّ الوجه والمحرّك العام. - دارات توصيل وتشغيل المحرّكات الحثّيّة أحاديّة الوجه. - طرق ودارات عكس الدوران في المحرّكات الحثّيّة أحاديّة الوجه.	• الحوار والمناقشة. • عرض النتائج مستخدما برنامج البوربوينت أو أي برنامج مناسب بمنهجية لعب الأدوار.	• جهاز العرض (DCL). • جهاز الحاسوب. • نماذج عمليّة. • قرطاسيَّة.

	- طرق ودارات تشغيل وعكس الدوران في المحرّك العام - طرق فحص المحرّكات أحاديّة الطور. - توثيق مخطّطات الدارات الّتي تمَّ تنفيذها. - توثيق أداء الدارات الّتي تمَّ تنفيذها والبيانات المرتبطة بها. • أنشئ مِلفّاً لكلّ حالة. • أجهّز تقريراً فنّيّاً للزبون. • أُعِدّ تقريراً كاملا بالعمل.		
أقوّم	• أقيّم رضا صاحب المشغل عن حل المشكلة. • أقيّم عمل كُلّ الدارة في جميع ظروف التشغيل. • أقيّم أهمية تطوير الدارات لتتلاءم مع ظروف التشغيل بشكل أفضل. • أعبِّئ نموذج التقييم.	• النقاش الجماعيّ. • البحث العلميّ.	• نماذج التقويم • طلب صاحب المشغل. • كتالوجات ونشرات للمعايير والمواصفات الخاصَّة بالمحرّكات وداراتها. • المخطّطات الفنِّيَّة. • ورقة/نموذج العمل الخاص بالتقييم. • القرطاسيَّة.

الأسئلة:

1. محرّك حثّيّ ذو القفص السنجابيّ أحاديّ الطور يخرج منه 3 أسلاك:
   أ- كيف يمكنك تمييز ملفّات هذا المحرّك؟
   ب- هل يمكن عكس دوران هذا المحرّك؟ ناقش الحالات الممكنة.
2. ما نوع المحرّك المستخدم في المقدح الكهربائيّ؟ وضح كيف يتمّ التحكُّم بسرعة وعكس دوران هذا المحرّك.
3. ما أنواع المحرّكات المستخدمة في الأباجور الكهربائيّ؟ ارسم دارة تشغيل المحرّكات أحاديّة الطور، واشرح عملها.
4. بالنسبة للمحرّك المستخدم في المِضخّات المنزليّة:
   أ- ما نوع المحرّك المستخدم في العادة؟

ب- ارسم دارة التوصيل للتحكم بتعبئة خزان الماء من البئر.
ج- وضح أثر كُلّ من ارتفاع وانخفاض جهد المصدر على عمل المحرّك.

5. اشتكى أحد الزبائن من صدور صوت طنين ورائحة من مِضخَّة الماء في منزله، دون أن تقوم بالدوران وضخّ الماء، وذلك عند توصيلها مع مصدر الكهرباء. عدد الأسباب الممكنة لحصول هذا الخلل، واشرح طرق الفحص اللازمة لتحديد الخلل.

أتعلم: فحص وتشغيل محرّك التيّار المتناوب أحاديّ الطور وتركيب دارات التحكُّم به.

نشاط (1):

اكتب تقريراً عن أنواع المحرّكات الموجودة في الأجهزة المنزليّة مثل: الغسالة، والثلاجة، وخلاط الطعام مُبيِّناً دارات التشغيل ، وطرق عكس الدوران، وكيفيّة التحكُّم بسرعة هذه المحرّكات.

تستخدم المحرّكات الَّتي تعمل على مصدر جهد أحاديّ الوجه على نطاق واسع في تشغيل كثير من الأجهزة المنزليّة والتجاريّة. وتوجد هذه المحرّكات بقدرات صغيرة نسبيّاً لا تتجاوز 10hp. ويمكن تقسيم هذه المحرّكات إلى الأنواع الأساسيّة الآتية:

1. **المحرّك الحثّيّ أحاديّ الوجه:** ويشبه في تركيبه وخصائصه المحرّك الحثّيّ ثلاثيّ الأطوار، ويستعمل على نطاق واسع في الثلّاجات والغسّالات ومِضخّات المياه.
2. **المحرّك التوافقي:** ويمتاز بأنه يدور بسرعة ثابتة؛ ولذلك فهو يستخدم في التطبيقات الَّتي تتطلَّب سرعة ثابتة مثل الساعات وغيرها.
3. **المحرّك العام:** وهو يعمل على التيّار المستمرّ والمتغير. ويمتاز بعزم بدء عالٍ، ويستخدم في خلّاطات الطعام، والمكانس الكهربائيّة، والمقادح، وغيرها.

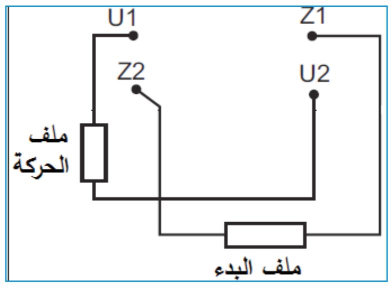
المحرّك الحثّيّ أحاديّ الوجه

وهو يشبه في تركيبه ومبدأ عمله المحرّك الحثّيّ ثلاثيّ الأوجه ذا القفص السنجابيّ من حيث التركيب العام، إلا أنّه يختلف عنه من حيث الملفّات الموجودة في العضو الساكن. فمن أجل توليد المجال المغناطيسيّ الدّوّار الَّذي يقوم ببدء حركة المحرّك من السكون في المحرّك ثلاثيّ الأوجه، يتمّ لفّ العضو الساكن للمحرّك ثلاثيّ الأوجه بثلاثة ملفّات متماثلة، يتمّ عند توصيلها مع مصدر الجهد ثلاثيّ الأوجه توليد المجال المغناطيسيّ الدّوّار. أما في المحرّك أحاديّ

الوجه ومن أجل الحصول على نفس النتيجة، وهي توليد مجال مغناطيسيّ دوّار لبدء حركة المحرّك عند وصل المحرّك مع مصدر الجهد أحاديّ الوجه، فيتم لفّ العضو الساكن بملفين هما:

- الملف الرئيسي، أو ملفّ الحركة، أو ملفّ التشغيل.
- ملفّ البدء، أو الملف المساعد، أو ملفّ التقويم.

أي أنه وفي نهاية عمليّة اللفّ يكون قد تمَّ تركيب ملفين في العضو الساكن، لكلّ ملفّ طرفان. تخرج إلى لوحة التوصيل كما في الشكل (1). حيث يمثل U ملفّ الحركة وZ ملفّ البدء. وأحياناً يتمّ توصيل طرف من ملفّ الحركة مع طرف من ملفّ البدء داخل المحرّك، ليخرج إلى لوحة التوصيل ثلاثة أطراف بدل أربعة.



الشكل (1): أطراف التوصيل للمحرّك الحثّيّ أحاديّ الوجه

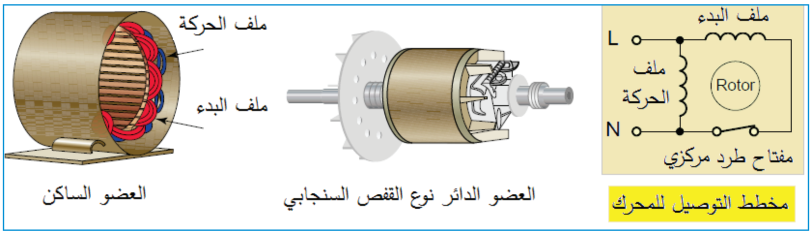
وفي العادة يتمّ تمييز ملفّ الحركة عن ملفّ البدء عن ملفّ الحركة بواسطة قياس مقاومة كُلّ منهما، حيث تكون مقاومة ملفّ البدء أعلى من مقاومة ملفّ الحركة. وفي بعض المحرّكات وخصوصا المحرّكات الَّتي تتطلَّب طبيعة عملها أن تعكس اتِّجاه دورانها بشكل مستمرّ مثل المحرّكات الَّتي تتحكم بفتح وإغلاق البوابات، تكون مقاومة ملفّ الحركة مساوية لمقاومة ملفّ البدء؛ ممّا يسهل عمليّة عكس الدوران في هذه المحرّكات.

أنواع المحرّكات الحثّيّة أحاديّة الوجه

وتصنف هذه المحرّكات تبعا لطريقة البدء بها، وتسمّى عادة بناء على هذا الأساس. وفيما يأتي أهم الأنواع الشائعة الاستعمال لهذه المحرّكات.

أ- المحرّك ذو الوجه المشطور (Split phase motor):

يحتوي هذا المحرّك على ملفين، وهما: ملفّ الحركة وموضوع في قاع المجرى، والملف الآخر هو ملفّ البدء. ويُبيِّن الشكل (2) تركيب ومخطّط التوصيل لهذا المحرّك. عند بداية العمل يكون مفتاح الطرد المركزي موصولا، لذلك يتمّ توصيل ملفّ الحركة مع ملفّ البدء على التوازي ليبدأ المحرّك حركته. وعندما تصل سرعة المحرّك إلى 75% من السرعة الاسمية يقوم مفتاح الطرد المركزي بفصل ملفّات البدء من الدارة ، ليبقى المحرّك يدور بتاثير ملفّات الحركة فقط.



الشكل (2): المحرّك ذو الوجه المشطور مع مخطّط التوصيل الداخليّ

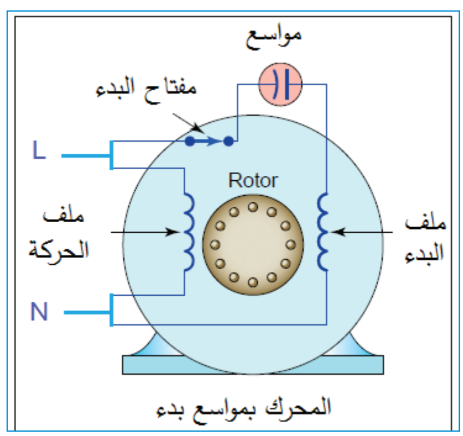
ومن خصائص هذا المحرّك أن العزم المتولّد عند بدء الحركة يكون معتدلا، كما أن سرعته لا تتأثر كثيراً مع الحمل. وتجدر الإشارة إلى أن ملفّ البدء في هذا المحرّك مصمم ليعمل بشكل مؤقت، لذلك وفي حالة عدم قيام مفتاح الطرد المركزي بفصل ملفّ البدء بعد فترة البدء فإنّ ملفّ البدء سوف يحترق في غالب الأحيان؛ ممّا يتسبب في الحاجة إلى إعادة لفّ المحرّك.

ب- المحرّك ذو المواسع (المكثِّف):

ويحتوي هذا المحرّك على ملفين مثل المحرّك ذو الوجه المشطور، إلا أنه يمتاز عنه بأن له عزم بدء أعلى. ويمكن تصنيف هذا المحرّك إلى أنواع:

1. المحرّك بمواسع بدء (Capacitor start motor):

ويتم فيه توصيل مواسع على التوالي مع ملفّ البدء ومفتاح البدء، كما في الشكل (3). ويكون مفتاح البدء مفتاح طرد مركزي (أو مرحل يعمل بالتيّار أو مقاومة PTC كما في الثلّاجات). عند بداية العمل يكون المواسع موصولا على التوالي مع ملفّ البدء. وعندما تصل سرعة المحرّك إلى 75% من السرعة الاسمية يقوم مفتاح الطرد المركزي بفصل ملفّات البدء من الدارة، ليبقى المحرّك يدور بتأثير ملفّات الحركة فقط. وتجدر الإشارة إلى أن ملفّ البدء، وكذلك مكثّفات البدء في هذا المحرّك مصمّمة لتعمل بشكل مؤقت. وتكون المكثِّفات من هذا النوع في العادة ذات سعة كبيرة مقارنة بنفس الحجم من المكثِّفات الدائمة (لونها أبيض) ولونها أسود، حيث لا يجوز أن تبقى في الدارة بشكل دائم لئلا تتلف كما في الشكل (4).



الشكل (3): مخطّط التوصيل الداخليّ للمحرّك بمواسع بدء



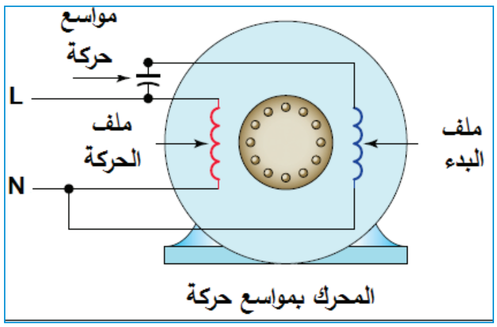
الشكل (4): مواسع البدء ومواسع الحركة

نشاط (2):

اكتب تقريراً يُبيِّن كيفيّة عمل مرحل التيّار ومقاومة (PTC) في الثلّاجات ومفتاح البدء (الطرد المركزي).

2. المحرّك بمواسع حركة (Capacitor run motor):

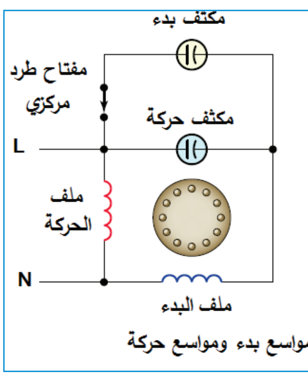
في هذا المحرّك يبقى ملفّ الحركة وملف البدء موصولين على التوازي أثناء فترة البدء، وكذلك أثناء التشغيل الدائم، كما في الشكل (5). حيث يتمّ الاستغناء عن مفتاح البدء بشتى أنواعه من مفتاح طرد مركزي وغيره. في هذا النوع يجب تصميم ملفّ البدء ليعمل عند الحمل المطلوب طوال الوقت. كما أن المواسع يجب أن يكون مصمما ليبقى موصولا بمصدر الجهد طوال الوقت (لونه أبيض). ويمتاز هذا المحرك بهدوئه أثناء العمل.



الشكل (5): مخطّط التوصيل الداخليّ للمحرّك بمواسع حركة

3. المحرّك بمواسع بدء ومواسع حركة (Capacitor start capacitor run motor):

يتم في هذا المحرّك استخدام مواسعين (بدء- أبيض، وحركة- أسود)، حيث يكون الاثنان موصولين على التوازي خلال فترة البدء وذلك للحصول على عزم بدء عالي للمحرّك. وعند وصول المحرّك إلى سرعة قريبة من السرعة الاسمية يقوم مفتاح البدء بفصل مواسع البدء من الدارة؛ ليبقى المحرّك يدور بمواسع الحركة فقط. وبفضل هذا الترتيب يتمّ الحصول على أفضل الخصائص التشغيلية للمحرّك من عزم البدء التّيار المسحوب. ويستخدم هذا المحرّك على نطاق واسع وخصوصا في التطبيقات الّتي تتطلّب عزم بدء عال مثل الضاغطات، والمِضخّات، والمكابس.

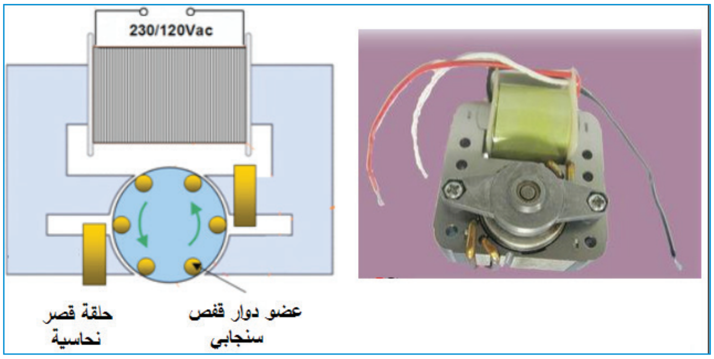




الشكل (6): مخطّط التوصيل الداخليّ للمحرّك بمواسع بدء ومواسع حركة

ج- المحرّك ذو القطب المُظلّل

يختلف هذا المحرّك في تركيبه عن المحرّك الوجه المشطور أو المحرّك ذي المواسع. ويتكوّن العضو الثابت لهذا المحرّك من أقطاب بارزة ملفوف عليها الملفّات الرئيسيّة للمحرّك. وكل قطب مقسوم لجزأين بواسطة مجرى صغير، حيث يتمّ إحاطة (تطويق) جزء من كُلّ قطب بلفة مقصورة بواسطة شريط نحاسي ذي مقطع سميك يسمى الملف المُظلّل، أما العضو الدائر فهو من نوع القفص السنجابيّ، كما هو موضّح في الشكل (7).



الشكل (7): المحرّك ذو القطب المُظلّل

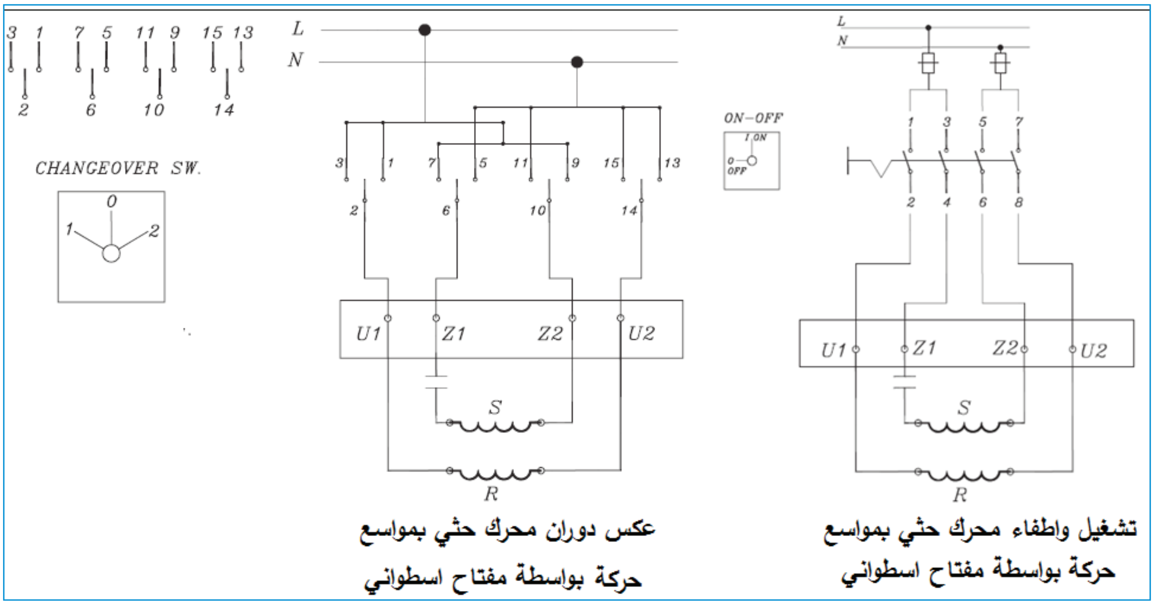
يتولّد في الملف المُظلّل بفعل المجال المغناطيسيّ الناتج عن الملف الرئيسي تيّارات تؤدي إلى تولد فيض مغناطيسيّ يعاكس فيض الملفّات الرئيسيّة. وبفعل الشكل الجيبي لموجة المصدر يتولّد مجال مغناطيسيّ في الأقطاب البارزة يتحرّك من الجزء غير المُظلّل بما يشبه أثر المجال المغناطيسيّ الدّوّار؛ ممّا يؤدي إلى نشوء عزم حركة يعمل على دوران المحرّك. ويمتاز هذا المحرّك برخص الثمن، وبساطة التركيب، ويستخدم في الأحمال الّتي لا تحتاج إلى عزم بدء عال، مثل: المراوح الصغيرة، والألعاب، ومِضخّات المياه المستخدمة في غسالات الملابس.

دارات تشغيل وعكس دوران المحرّكات الحثّيّة أحاديّة الوجه

يتمّ عكس دوران المحرّكات الحثّيّة أحاديّة الوجه الّتي تحتوي على ملفين (بدء وحركة) بواسطة عكس أطراف توصيل ملفّ الحركة أو ملفّ البدء، وليس كليهما. ويمكن تنفيذ ذلك بواسطة المفاتيح الأسطوانيّة أو المفاتيح التلامسية. ويُبيّن الشكل (8) دارات تشغيل، وعكس الدوران بواسطة المفاتيح الأسطوانيّة.

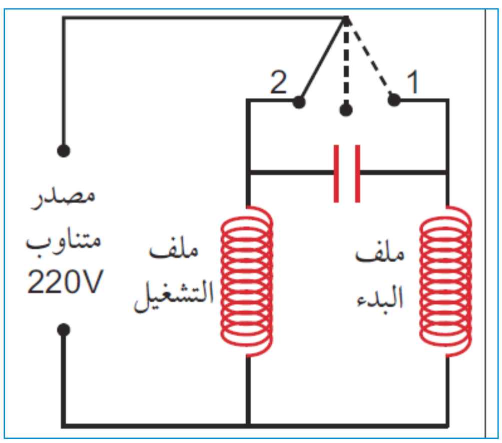
تمرين (1):

ارسم دارة القدرة ودارة التحكُّم لعكس اتّجاه دوران محرّك حثّيّ بمواسع حركة بواسطة المفاتيح التلامسية، ومن ثمّ أقوم بتركيب الدارة وتشغيلها، والتأكّد من عملها.



الشكل (8): دارة تشغيل وعكس الدوران لمحرّك حثّيّ بمواسع حركة

وفي بعض الحالات في المحرّك بمواسع حركة الَّتي يكون فيها ملفّ البدء والحركة متماثلين يتمّ عكس الدوران بواسطة مفتاح بطريقتين، كما في الشكل (9).



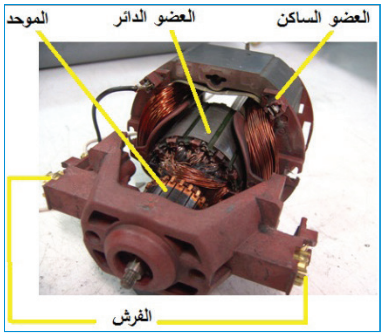
الشكل (9): دارة عكس دوران لمحرّك حثّيّ بمواسع حركة بملفّات متماثلة

المحرّك العامّ (Universal Motors)

سمي هذا المحرّك بهذا الاسم؛ لأنّه يعمل على التيّار المستمرّ التّيار المتغير على حد سواء. ويشبه في تركيبه وخصائصه محرّك التوالي في محرّكات التيّار المستمرّ، مع التركيز على تصنيع كُلّ من قلب العضو الساكن والعضو الدائر من صفائح الصلب المغناطيسيّ المعزولة عن بعضها، وذلك لتقليل الخسائر الإعصارية والهستيرية في حالة تشغيله على التيّار المتغير، كما في الشكل (10). ويتكوّن هذا المحرّك من:

1. **العضو الساكن:** وهو يصنع على شكلين:

- **العضو الساكن ذو الأقطاب البارزة:** ويشبه في تركيبه العضو الساكن لمحرّك توالٍ صغير للتيار المستمرّ، ويوجد عادة في المحرّكات المنخفضة القدرة.



الشكل (10): محرّك عام

- **العضو الساكن ذو الملفّات الموزعة:** ويوجد فيه مجارٍ مثل العضو الساكن في المحرّك الحثّيّ، حيث يتمّ لفّ ملفّات المحرّك بها.

2. **العضو الدائر:** وهو يشبه العضو الدائر لمنتج محرّك تيّار مستمرّ.

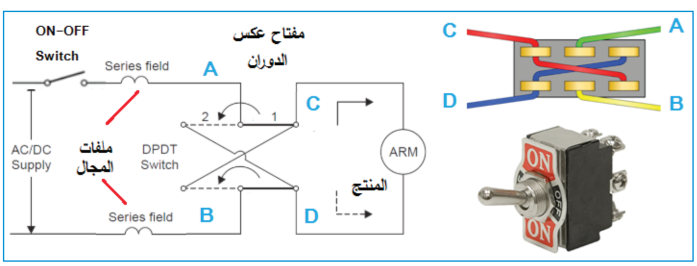
3. **الموحد والفرش:** حيث توصل الملفّات بالعضو الدائر إلى الموحد، وتقوم الفرش بتوصيل الموحد مع ملفّات العضو الساكن؛ وبالتالي مصدر التغذية.

مبدأ العمل:

يمر التيّار نفسه في ملفّات العضو الساكن والمنتج. ونتيجة لتفاعل الفيض المغناطيسيّ الناتج من كُلّ منهما يتولّد عزم يؤدي إلى دوران المنتج سواء كان تيّار مستمرّا أو متغيرا. وعند تشغيله على التيّار المتناوب تكون سرعته أقلّ منها على التيّار المستمرّ بسبب وجود الممانعة للملفّات الناتجة عن تردّد التيّار.

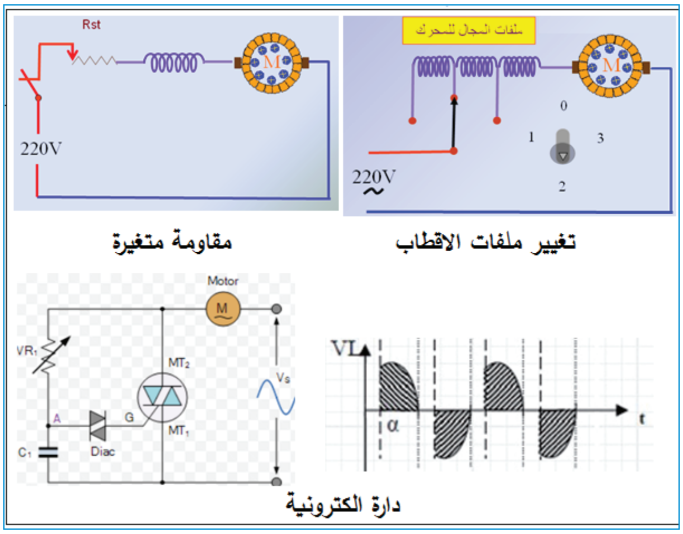
ويمتاز المحرّك العامّ بعزم بدء كبير، ولكن سرعته تنخفض بزيادة الحمل، كما في محرّك التوالي. وتتراوح سرعته بين 5500 - 15000 دورة في دقيقة. ومن ميزاته أيضاً إمكانية التحكُّم بسرعته بسهوله. **ومن عيوبه** حدوث الشرر بين الفرش والموحد عند زيادة الحمل؛ ممّا يسبِّب تآكل الفرش بسرعة.

ويتم عكس اتِّجاه دوران هذا المحرّك بعكس اتِّجاه التيّار، إما في ملفّات الأقطاب أو في المنتج وليس كليهما، ويتم ذلك عادة بتبديل السلكين المتصلين بحاملي الفرش، كما في الشكل (11).



الشكل (11): دارة عكس الدوران في المحرّك العام

ويتم التحكُّم بسرعة هذا المحرّك عادة بتغيير الجهد على طرفيه بواسطة المقاومة المتغيّرة على التوالي أو ملفّات أقطاب عليها نقاط توصيل. ويشيع الآن استخدام الدارات الإلكترونيّة باستخدام عناصر مثل الترانزستور والثايرستور والترياك للتحكم بسرعة هذه المحرّكات K عن طريق تغيير الجهد الواصل إلى طرفي المحرّك كما في الشكل (12).



الشكل (12): بعض طرق التحكُّم بسرعة المحرّك العام

فحص المحرّكات الحثّيّة (القفص السنجابيّ) ذات الوجه الواحد

1. فك أطراف كُلّ من ملفّ الحركة وملف البدء، إن أمكن ذلك.
2. قياس مقاومة كُلّ من ملفّ الحركة وملف البدء، حيث يجب أن يعطي كُلّ منهما مقاومة معينة تعتمد على قدرة المحرّك. ويمكن تمييز الملفين بمعرفة أن مقاومة ملفّ الحركة أقلّ من مقاومة ملفّ البدء، أو قد تكون المقاومتان متساويتين في بعض المحرّكات. وفي حالة الحصول على مقاومة عالية جدّاً (ما لا نهاية) لأي ملفّ، فإنّ ذلك يدل على وجود قطع في الملف. أما في حالة الحصول على مقاومة قليلة جدّاً أو صفر، فإنّ ذلك يدل على وجود قصر في الملف. وفي كلتا الحالتين يجب فك المحرّك، والتأكّد من عمليّة الفحص، ومن ثمّ إعادة لفّه من جديد.
3. يتمّ قياس مقاومة العزل بين مِلَفّي المحرّك بواسطة الأوميتر (على التدريج العالي) أو يفضّل استخدام جهاز الميجر، حيث يجب أن يعطي المحرّك السليم مقاومة عزل عالية (عدة ميجا أوم أو لا تقل عن 2 ميجا أوم).
4. يتمّ قياس مقاومة العزل بين كُلّ من مِلَفّي المحرّك مع الجسم المعدنيّ للمحرّك بواسطة الأوميتر (على التدريج العالي)، أو يفضّل استخدام جهاز الميجر، حيث يجب أن يعطي المحرّك السليم مقاومة عزل عالية (عدة ميجا أوم أو لا تقل عن 2 ميجا أوم).
5. في حالة وجود نقطة مشتركة بين ملفّ الحركة وملف البدء داخل المحرّك. يتمّ قياس مقاومة كُلّ ملفّ بالنسبة للنقطة المشتركة، وتحديد صلاحية كُلّ ملفّ منهما. وفي هذه الحالة لا يمكن فحص مقاومة العزل بين الملفين. وبالنسبة لقياس مقاومة العزل بين الملفين مع الجسم المعدنيّ للمحرّك تتبع نفس الطريقة الموضحة في البند 4 أعلاه.

6-3 الموقف التعليميّ التعلّمي: فحص وتشغيل محرّك التيّار المستمرّ وتطبيقاته.

وصف الموقف التعليميّ:

(حضر صاحب شركة تعمل في مجال تركيب الستائر إلى مشغل الإلكترونيّات الصناعيّة، وطلب تصميم دارة للتحكم أوتوماتيكيا بفتح الستائر وإغلاقها بناء على شدة الإضاءة؛ وذلك بهدف تلبية رغبة الزبائن للتحكم إلكترونيّا بها، ومواكبة التطور التكنولوجي في هذا المجال، وتقليل استهلاك الطاقة).

العمل الكامل:			
خطوات العمل	وصف الموقف الصفي	المنهجيّة (إستراتيجيّة التعلّم)	الموارد حسب الموقف التعليميّ
أجمع البيانات، وأحلّلها	• أجمع البيانات من صاحب الشركة حول طلبه من حيث: - حجم الستائر وأبعادها. - التكلفة المتوقَّعة. - عدد مرات الاستخدام هل هو بشكل يومي. الحجم المتوقَّع لمحرّك (DC). • أجمع البيانات عن: - أنواع محرّكات التيّار المستمرّ (DC). - المواصفات الفنّيَّة لمحرّكات التيّار المستمرّ. - تركيب محرّكات التيّار المستمرّ. - مبدأ عمل محرّكات (DC). - استخدامات محرّكات التيّار المستمرّ. - العلاقة الحسابيَّة الأساسيّة. - دارات التحكُّم في محرّكات (DC) ولوحة التوصيل. - أعطال محرّكات التيّار المستمرّ. - طرق تشغيلها وعكس دورانها.	• الحوار والمناقشة. • البحث العلميّ. • العمل التعاوني.	• طلب الزبون الكتابي (وصف المهمّة، كتاب رسمي). • كتالوجات ودليل الشركات المصنعة وكتب المكافئات للعناصر المتنوعة وأنواع محرّكات التيّار المستمرّ. • مخطّطات الدارات الكهربائيّة المتعلِّقة بمحرّكات التيّار المستمرّ ودارات التحكُّم بها. • المواصفات الفنّيَّة للقطع المستخدمة. • أنواع متعددة من محرّكات التيّار المستمرّ. • أجهزة الفحص والقياس • الكتب العلميّة ذات العلاقة. • الشبكة العنكبوتية (الإنترنت) والمواقع العلميّة الموثوقة (المحكّمة)، أنماط بصرية وفيديو وصور. • قرطاسيَّة.

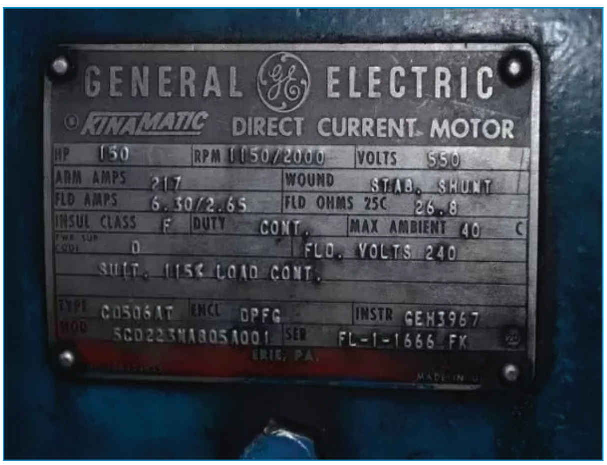
أخطّط، وأقرّر	• أصنّف البيانات الّتي تمَّ جمعها حول (ميزات محرّكات التيّار المستمرّ، وأنواعها، وتركيبها، ومبدأ العمل، وآليّة التشغيل، والمواصفات الفنيّة، واستخداماتها، وتطبيقاتها، وأعطالها، وطرق تشغيلها والتحكُّم بها). • تحديد خطوات العمل: - أرسم المخطّط الإلكترونيّ المتعلِّق بدارة التحكُّم بالمحرّك. - أرسم رموز المحرّكات وأجزاءها، وأحدِّد أعطالها ومواصفاتها الفنيّة. - أحدِّد أنواع المحرّكات المستخدمة. - أحدِّد طريقة فك المحرّك وتجميعه وتركيبه وتشغيله. - أحدِّد أنواع أسلاك التوصيل المناسبة ومواصفاتها. - أستحضر القوانين والعلاقات الحسابيّة اللازمة. - أعدّ جدولاً بالبدائل المقترحة ومواصفاتها وجدوى الاستبدال. - أحدِّد الأدوات والعِدَد والأجهزة اللازمة. - أعدّ خطة لتنفيذ العمل تتضمن زمن المهمّة والوقت المقدر.	• العصف الذِّهنيّ (استمطار الأفكار حول المحرّكات). • المناقشة والحوار. • التعلّم التعاوني (العمل ضمن فريق).	• نماذج جمع البيانات (كتالوجات، صور، بيانات تمَّ جمعها..) • نموذج جدولة وقت تنفيذ المهام (الخطة). • طلب صاحب الشركة. • الشبكة العنكبوتية. • كتب العلميّة ذات العلاقة • برامج رسم الدارات المحوسبة. • القرطاسيَّة اللازمة.
أنفّذ	• أراعي قواعد الأمن والسلامة العامة وأنتبه الى: - وجود نظام تأريض ممتاز وفعال. - التشغيل تحت إشراف المدرب. • أحضر مجموعة من محرّكات التيّار المستمرّ المتنوعة، وأصنفها حسب النوع، كما في الشكل (1). • أصنِّف في جدول المواصفات الفنيّة لكلّ محرّك بناء على اللوحة الاسمية، كما في الشكل (2).	• العمل التعاوني. • البحث العلميّ. • حل المشكلات.	• محرّكات تيّار مستمرّ متنوعة. • محرّكات تيّار مستمرّ تالفة. • لوحات تحكم تالفة ذات علاقة. • الأجهزة والعِدَد الخاصَّة بالفحص والتركيب والصيانة. • مفاتيح شق – رنج متنوعة، مفاتيح سداسية، مفكات متنوعة. • أجهزة قياس (DMM، تاكوميتر). • كاوي لحام مع قاعدة • قصدير

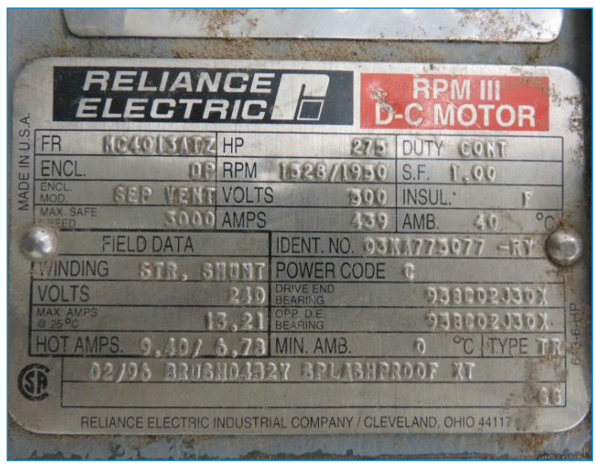
	• أقوم بفكّ محرّك تيّار مستمرّ، وأتعرف إلى أجزائه، وأحدِّد أعطاله المتوقَّعة، وأفحص ملفّات المنتج وحلقات الموحد. • أقوم تجميع محرّك تيّار مستمرّ، وأتأكّد من عمله من خلال تشغيله. • أقوم بعكس الدوران بعدة طرق. • أقوم بفك وتركيب الفحمات (الفرش الكربونية)، وتنظيف الموحد الميكانيكيّ (Comutator) بعد التأكّد من رقم الفحمة، وفك كراسي التحميل (الحلقات) وتركيبها. • أقوم بتركيب الدارة في الشكل رقم (3).		• شفاط لحام • شريط إزالة اللحام (الشيلد). • القطع الإلكترونيّة المطلوبة في الدارة رقم (3). • مفاتيح وأحمال كهربائيّة. • مصدر تغذية تيّار مستمرّ ثابت ومتغير. • جهاز الزوام الكهربائيّ. • أسلاك توصيل • لوحات توصيل. • عرّاية أسلاك. • قطّاعة أسلاك. • القرطاسيَّة.
أتحقّق	• أراعي قواعد الأمن والسلامة العامة، وأتنبَّه إلى عزل الأسلاك الكهربائيّة واستخدام مصدر الجهد والتأكّد من نظام العزل. • أتحقَّق من أنواع المحرّكات المختلفة واستخداماتها ومميزاتها معتمدا على اللوحة الاسمية لكلّ محرّك. • أتحقَّق من تركيب وتوصيل أجزاء المحرّك حسب المطلوب والمخطّط وأرقام القطع المستبدلة. • أتحقَّق من عمل المحرّك الَّذي تمَّ تغيير القطع التالفة له وأدائه. • أشغِّل المحرّك ،وأتأكّد من عكس الدوران. • أتحقَّق من توصيل الدارة حسب المخطّط المطلوب. • أشغِّل الدارة رقم 3، وأتحقَّق من عملها. • أتأكّد من الوثائق والنماذج الَّتي تمَّ تعبئتها خلال أداء المهمّة. • أُعيد العِدَد والأدوات المستخدمة لمكانها، وأُنظِّف موقع العمل.	• العصف الذِّهنيّ • عمل المجموعات • لعب الأدوار. • الحوار والمناقشة	• طلب صاحب الشركة. • الوثائق والتقارير. • المواصفات الفنِّيَّة. • المخطّطات الإلكترونيّة • العلاقات الحسابيَّة. • القرطاسيَّة. • أجهزة القياس والفحص الإلكترونيّة. • برامج المكافئات المحوسبة.

أوثّق، وأعرض	• أوثّق نتائج جمع البيانات حول: - أنواع محرّكات التيّار المستمرّ (DC). - المواصفات الفنيّة لمحرّكات التيّار المستمرّ. - تركيب محرّكات التيّار المستمرّ. - مبدأ عمل محرّكات (DC). - استخدامات محرّكات التيّار المستمرّ. - العلاقة الحسابيّة الأساسيّة. - دارات التحكُّم في محرّكات (DC) ولوحة التوصيل. - أعطال محرّكات التيّار المستمرّ. - طرق تشغيلها وعكس دورانها. - تطبيقات محرّكات (DC) • أنشئ مِلفّاً لهذه الحالة. • أجهّز تقريراً فنّيّاً لصاحب الشركة. • أُعِدّ تقريراً كاملا بالعمل.	• الحوار والمناقشة. • عرض النتائج مستخدما برنامج البوربوينت أو أي برنامج مناسب بمنهجية لعب الأدوار.	• جهاز العرض (LCD). جهاز الحاسوب. • برامج رسم الدارات الكهربائيّة وتتبعها • نماذج مصورة وفيديوهات. • نماذج عمليّة. • قرطاسيّة.
أقوّم	• أقارن بين عمل المحرّك قبل عمليّة استبدال القطع التالفة وبعدها. • أقارن بين نتائج القيم المقاسة عمليّاً لتحديد صلاحية الملفّات المكوّنة للمحرّك والفحمات وكراسي التحميل والقيم النظرية المتوقّعة. • أقارن بين عمل الدارة الكهربائيّة للتحكم في حركة الستائر (فتح وإغلاق) ومخطّط الدارة. • أقيّم عمليّة الاستبدال للقطع التالفة من حيث الوقت والإخراج. • أقيم رضا صاحب الشركة عن الشكل والعمل النهائي لدارة التحكُّم • أعبّئ نموذج التقييم.	• النقاش الجماعيّ. • البحث العلميّ.	• طلب صاحب الشركة. • المواصفات والكتالوجات. • المخطّطات الفنيّة. • الكتب العلميّة ذات العلاقة. • ورقة / نموذج العمل الخاص بالتقييم. • برامج رسم الدارات الكهربائيّة المحوسبة. • القرطاسيّة.

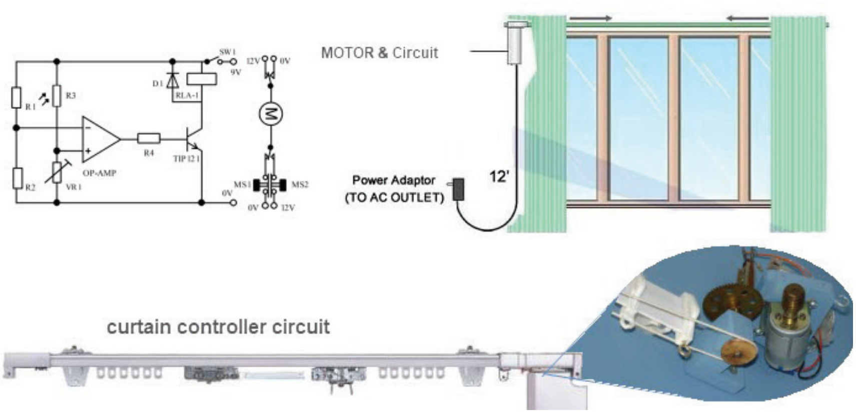


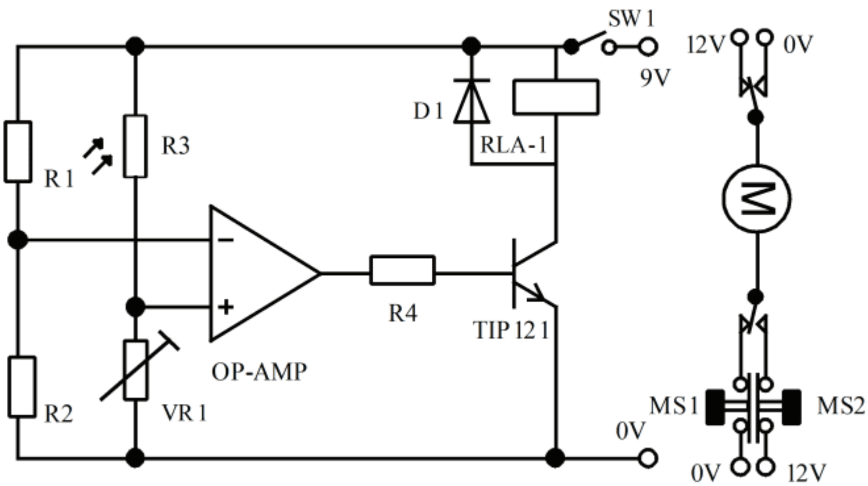
الشكل (1): أنواع متعددة لمحرّكات التيّار المستمرّ.





الشكل (2): أمثلة على اللوحة الاسمية لمحرّك التيّار المستمرّ





الشكل (3): دارة التحكُّم في فتح الستائر وإغلاقها بناء على شدة الإضاءة ومكوِّناتها.

SW1 = Toggle switch

R1 = 10k ohm

R2 = 10k ohm

R3 = LDR

R4 = 10k ohm

VR1 = 4.7k ohm

IC1 = 3140 operational amplifier

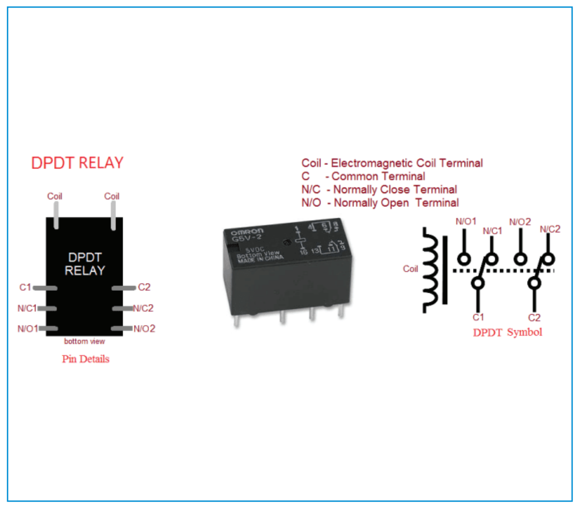
Diode = 1N4001

Relay (RLA-1) = DPDT

MS1/MS2 Micro-switch (Normally closed)

M = Motor

Transistor = TIP121



الشكل (4): العناصر اللازمة لتنفيذ دارة التحكم في فتح الستائر وأغلاقها.

ملاحظة:

يمكن الاستعانة بالشبكة العنكبوتية للحصول على دوائر أخرى للتحم في فتح الستائر وأغلاقها.

الأسئلة:

1. ما أهمية توفّر اللوحة الاسمية لمحرّك يراد إعادة لفه من جديد؟
2. ما وظيفة الفرش الكربونية؟ ومم تصنع؟ ولماذا؟
3. علل: سرعة اهتراء الفرش الكربونية والحلقات النحاسية المكوّنة للموحد.
4. كيف يمكن التأكّد من:
   - عدم وجود دارة قصر في منتج المحرّك؟
   - عدم وجود دارة مفتوحة في منتج المحرّك؟
   - عدم وجود اتصال بين المنتج والأرضي؟
5. أذكر ثلاثة من التطبيقات على استخدام محرّكات التيّار المستمرّ.
6. في الشكل رقم (4) تتبّع عكس دوران المحرّك معتمدا على الدارة الرئيسيّة.

أتعلم: فحص محرّك التيّار المستمرّ وتشغيله، وتطبيقاته.

نشاط (1):

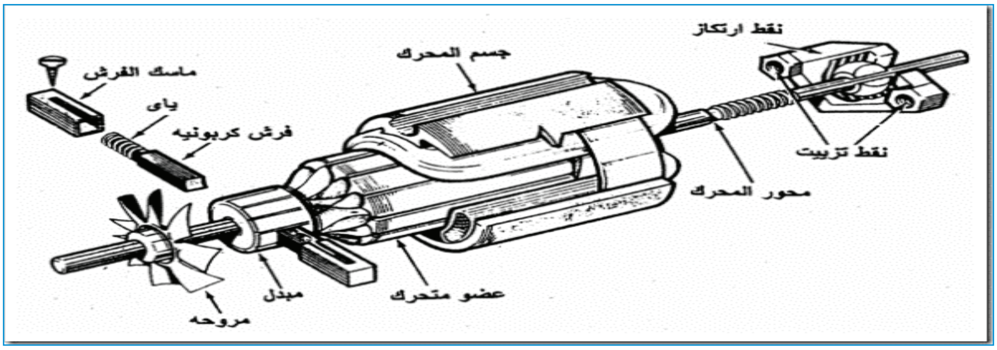
أبحث عن طرق التحكُّم في سرعة محرّك التيّار المستمرّ.

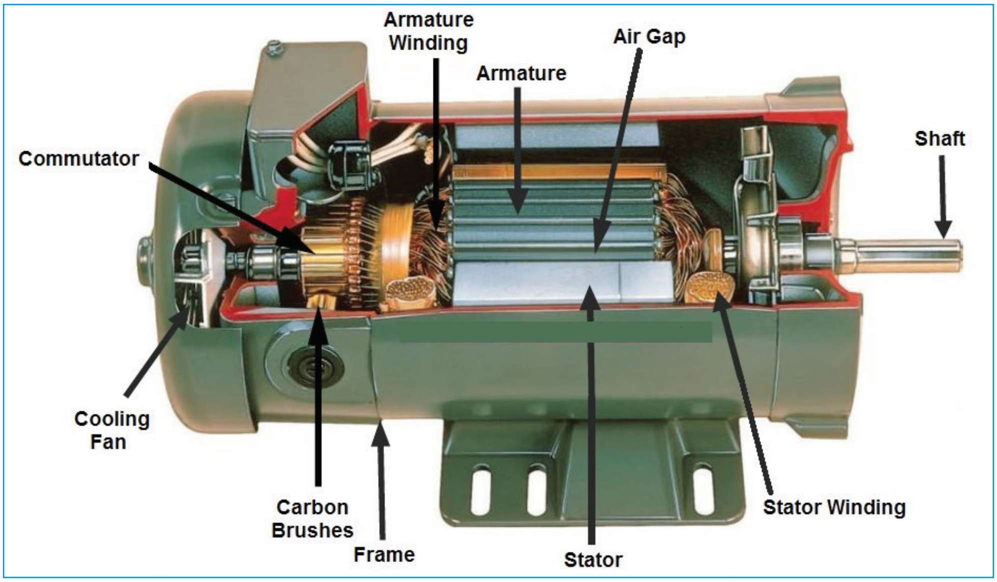
محرّك التيار المستمر (DC Motors)

هو آلة كهربائيّة تحول الطاقة الكهربائيّة (التيّار المستمرّ) إلى طاقة ميكانيكيّة (حركية)، وتعد محرّكات التيّار المستمرّ من أهم أنواع المحرّكات، حيث تستخدم بكثرة في الجر الكهربائيّ، والروافع، وفي قطاع الغزل والنسيج، وقطاع صناعات الورق والإسمنت؛ وذلك لما تتميز به من سهولة في التحكُّم في سرعتها، وبتكلفة قليلة، وأداء مستديم، وإعطائها عزماً مرتفعاً، وخصوصا عن بدء الحركة. إلا أنه يحتاج استبدال الفرش، وتنظيف أقطاب المبادل الكهربائيّ بين حين وآخر.

تركيب محرّك التيّار المستمرّ

يتركب محرّك التيّار المستمرّ كما في الشكل (5):

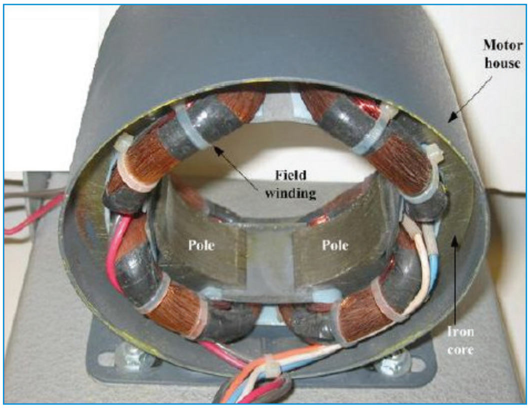




الشكل (5): تركيب محرّك التيّار المستمرّ

أوّلاً- العضو الثابت (Stator)

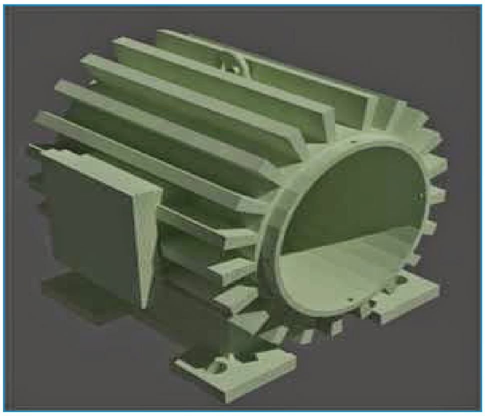
وهو المسؤول عن توليد المجال المغناطيسيّ حيث يتكوَّن من:



الشكل (6): العضو الثابت لمحرّك التيّار المستمرّ

1. **الإطار الخارجي (Yoke):**

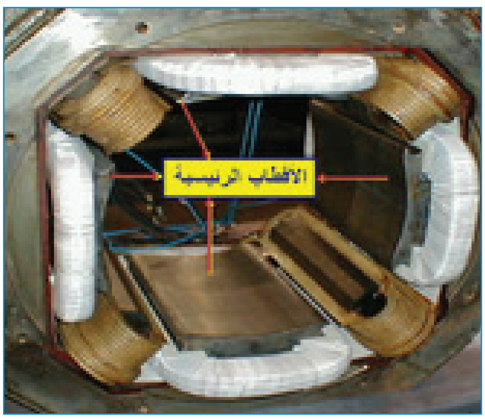
يصنع من الحديد المطاوع أو حديد الزهر، ، وتثبّت عليه من الخارج اللوحة الاسمية، ويعمل كمسار للتدفق المغناطيسيّ، وتثبت عليه أيضاً الأقطاب الرئيسيّة والمساعدة.



الشكل (7): الإطار الخارجي Yoke

2. **الأقطاب الرئيسيّة (Main Poles):**

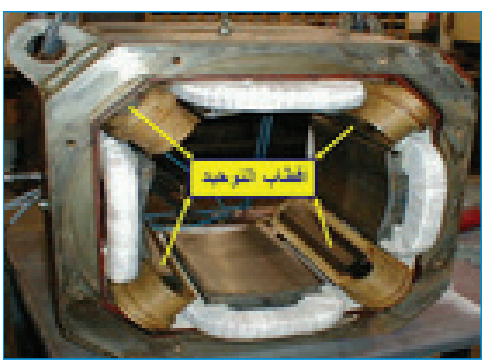
تصنع من رقائق (صفائح) الصلب، ويتمّ تثبيتها في الإطار الخارجيّ، ويركّب عليها واجهة للقطب تسمى (بحذاء القطب (Pole Face Shoe) يعمل على توزيع وانتظام خطوط المجال المغناطيسيّ في الثغرة الهوائية. ويوجد حول الأقطاب الرئيسيّة ملفّات المجال (Field Coil)، وتنقسم إلى نوعين: ملفّات التوازي (shunt field coils)، وملفّات التوالي (series field coils)، وهذه الملفّات هي المسؤولة عن توليد القوّة الدافعة المغناطيسيّة لإيجاد المجال المغناطيسيّ.



الشكل (8): الأقطاب الرئيسيّة

3. **أقطاب التوحيد (Commutating Poles)**

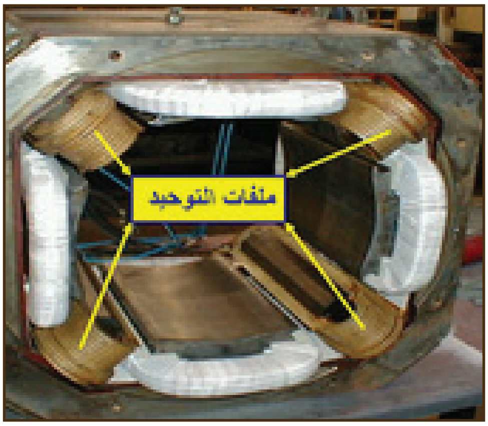
تشبه الأقطاب الرئيسيّة، ولكن حجمها أقلّ، وتوجد في المسافة الواقعة بين الأقطاب الرئيسيّة، وتثبّت في الإطار الخارجي، ويلف حولها ملفّات تسمى ملفّات التوحيد، تعمل على تقليل المشاكل الّتي تصاحب عمليّة التوحيد في المنتج.



الشكل (9): أقطاب التوحيد

4. ملفّات التوحيد (Commutating Field)

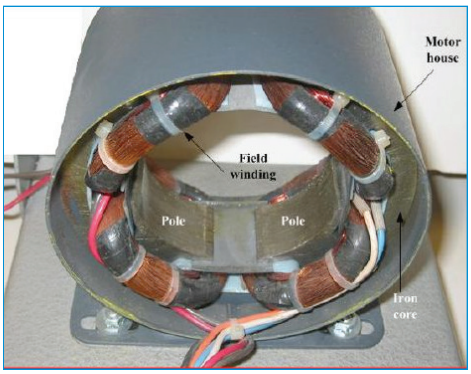
وظيفة هذه الملفّات العمل على تقليل مشاكل التوحيد، وهي تلف حول أقطاب التوحيد.



الشكل (10): ملفّات التوحيد

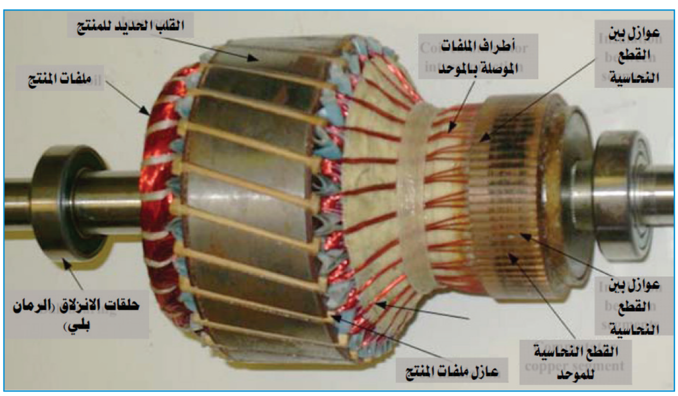
5. ملفّات المجال (Field coils)

تقسم إلى نوعين، وهما: ملفّات مجال التوالي، وملفّات مجال التوازي، ووظيفة هذه الملفّات العمل على توليد المجال المغناطيسيّ عند مرور التيّار الكهربائيّ بها، وتلفّ هذه الملفّات حول القطب الرئيسي، وتصنع من أسلاك النحاس المعزولة بالمادة الورنيش، أو من الشرائح النحاسية كما في المحرّكات الكبيرة، كما في الشكل (11)



الشكل (11): ملفّات التوحيد

ثانيا: العضو المتحرِّك / الدّوّار / المنتج (Armature) أو (Rotor)



الشكل (12): أجزاء العضو الدّوّار

هو عنصر الحركة، ويصنع من الصلب على شكل رقائق من النحاس الأحمر الموصل الجيِّد للتيار الكهربائيّ وفي نهاية كُلّ نحاسة جزء صغير على شكل حرف u، وفيه تثبت بداية ونهاية ملفين مختلفين من ملفّات المنتج، وتستخدم الميكا كمادة عازلة بين قطع الموحد، حيث تعزل لتقليل المفاقيد المؤدية لفقد جزء من قدرة المحرّك على شكل حرارة، الَّتي تسبِّب تلف المادة العازلة لملفّات المنتج؛ وبالتالي تلف ملفّات المنتج.

يركب المنتج على عمود الإدارة، حيث يدور بين الأقطاب؛ ويتطلب دورانه بصورة دقيقة؛ الأمر الَّذي يستدعي موازنته، وضبط الثغرة الهوائية بينه وبين العضو الثابت بدقة عالية، ويوجد على طول القلب المعدنيّ مجارٍ (شقوق) توزع فيها ملفّات نحاسية معزولة، لتولِّد فيها القوّة الدافعة الكهربائيّة.

يتكوّن العضو الدّوّار من الأجزاء الآتية:

1. قلب المنتج (Armature core)

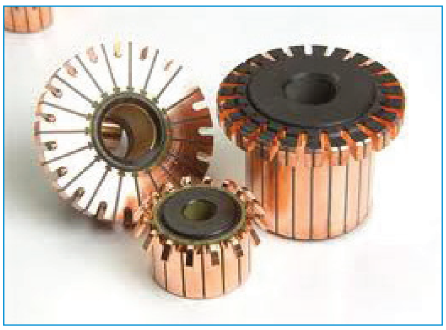
وهو عبارة عن جزء أسطوانيّ مصنوع من رقائق الصلب المضغوطة بعضها مع بعض ومعزولة كهربائيّا بوساطة طبقة من الورنيش؛ وذلك لتقليل مفاقيد التيّارات الإعصارية، ويوجد على محيط المنتج مجارٍ توضع بها ملفّات المنتج.

2. ملفّات المنتج (Armature Winding)

هي مجموعة من الملفّات، بحيث إن الملف الواحد يتكوّن من مجموعة من الوصلات، يتمّ وضعها في مجاري المنتج، وتثبت الملفّات داخل المجاري بواسطة عوازل مناسبة، مثل أعمدة رفيعة جدّاً من الخشب؛ وذلك لحمايتها من القوّة الطاردة المركزية أثناء الدوران، ويمكن توصيل هذه الملفّات على التوالي لزيادة القوّة الدافعة الكهربائيّة، أو التوازي لزيادة التيّار المارّ في الدارة الخارجية، وعادة ما تكون ملفّات العضو الدائر دارة مغلقة متصلة فقط مع الدارة الخارجية بواسطة الفرش الكربونية.

3. الموحد (Commutator)

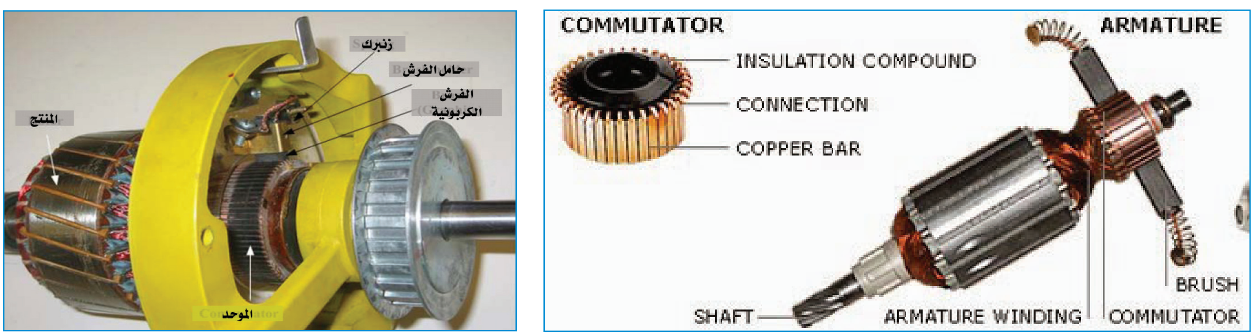
عبارة عن جسم أسطوانيّ الشكل مصنوع من قطع من النحاس معزولة بعضها عن بعض بمادة عازلة مثل (ميكا) ومثبّت على عمود الدوران، يتمّ توصيل القطع النحاسية المكوّنة للموحد مع أطراف ملفّات المنتج، كما يتلامس مع سطحه العلوي فرش كربونية لتوصيل التيّار من الدارة الخارجية وإليها، يعمل الموحد على تحويل التيّار المتردّد في ملفّات المنتج إلى تيّار مستمرّ في الدارة الخارجية.



الشكل (13): الموحد

4. الفرش الكربونية وحاملاتها (Brushes)

تعمل الفرش الكربونية على إيصال التيّار الكهربائيّ إلى ملفّات المنتج عبر الموحد، وتصنع من الكربون النقي، أو خليط من النحاس الأحمر والكربون. وتركب على حامل خاص بها، ويضغط عليه بوساطة زنبرك (نابض) لضمان التلامس الجيّد بينها وبين نحاسات الموحد.

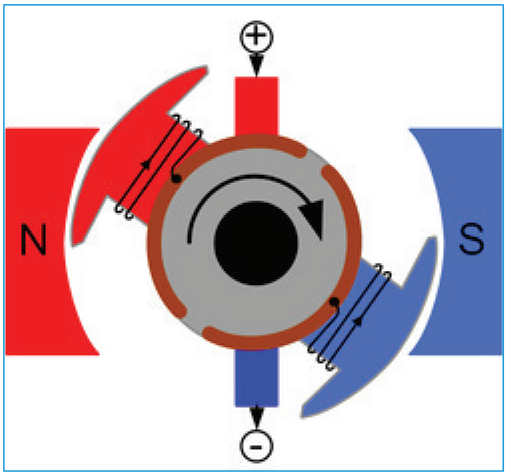


الشكل (14): الفرش الكربونية وحاملاتها

مبدأ عمل محرّك التيّار المستمرّ بشكل عام

يعتمد مبدأ عمل محرّك التيّار المستمرّ على تغذية ملفّات المجال بالتيّار اللازم لتوليد مجال مغناطيسيّ، وفي نفس الوقت يتمّ تغذية ملفّات عضو الاستنتاج (المنتج) بتيار مناسب من خلال الفرشاتين، ويقوم هذا التيّار بتوليد مجال مغناطيسيّ آخر، بحيث يكون هذا المجال عموديا على المجال الناتج من ملفّات المجال، ونتيجة لذلك ينشأ عزم دوران العضو الدّوّار.

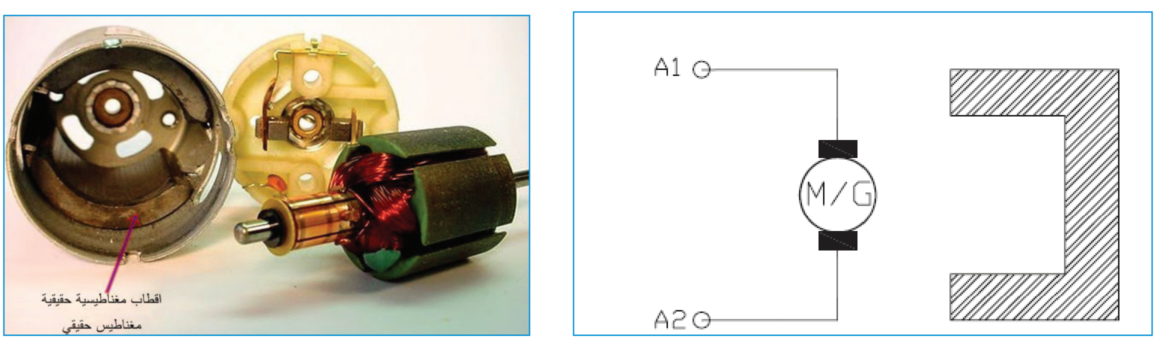
كما في جميع المحرّكات الدّوّارة يقوم مبدأ تدوير المحرّك على تضافر مجالين مغناطيسيّين أو أكثر في تحريك العضو الدّوّار، حسب اتّجاه عزم دوران المجال المغناطيسيّ الأقوى من بينهم. كما في الشكل (15) الّذي يظهر مقطعاً من محرّك تيّار مستمرّ يعمل بمغناطيس، حيث يظهر المبادل الكهربائيّ واضحاً في هذا الشكل، وهو عبارة عن حلقة معدنيّة مقسومة إلى قسمين (بني اللون) والفرشاتان مميزتان بعلامة (+) و (-) لدخول التيّار وخروجه من الملف، وبسبب وجود مجال مغناطيسيّ دائم بين القطبين الموضوعين، فإنه يكفي استحثاث مجال آخر باستخدام طريقة حث فرداي لجعل العضو الدّوّار يباشر العمل، فعند مرور التيّار الكهربائيّ في الملفّات بين القطبين يتمّ استحثاث مجال مغناطيسيّ حسب مبدأ فرداي، وتنشأ نتيجة لهذا المجال قوة مغناطيسيّة متعاكسة على طرفي الملف، تتولّى هذه القوّة الناشئة توليد عزم دوران يقوم بتدوير الملف.



الشكل (15): مقطع في محرّك تيّار مستمرّ يعمل بمغناطيس

مبدأ عمل المحرّك الصغير ذي الأقطاب المغناطيسيّة الحقيقية.

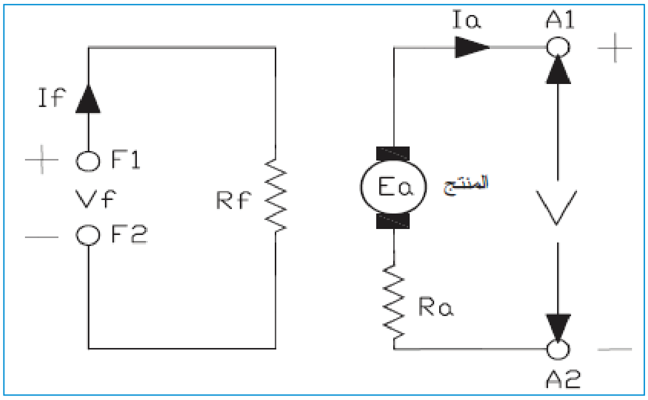
عندما يسري تيّار كهربائيّ خلال ملفّ ضمن مجال مغناطيسيّ، تؤثر في الملفّ قوّة ميكانيكيّة نتيجة تولد مجالاً مغناطيسيّاً في الملف من جهة، ووجود المجال المغناطيسيّ الأصليّ من جهة أخرى، فإذا كان الملف في وضع سهل الحركة فإنه يدور بسرعة معينة. والشكل (16) يُبيِّن أحد أنواع محرّكات التيّار المستمرّ الصغيرة.



الشكل (16): محرّك تيّار مستمرّ ذي أقطاب مغناطيسيّة حقيقيّة ودارته المكافئة

مبدأ عمل المحرّك ذي الأقطاب الكهرومغناطيسيّة.

عند تغذية ملفّات المجال بالتيّار الكهربائيّ وفي نفس الوقت تغذية ملفّات عضو الاستنتاج (المنتج) بتيار كهربائيّ، وذلك من خلال الفرش الكربونية، فيتولّد مجال مغناطيسيّ آخر؛ ونتيجة لهذين المجالين الناتجين ينشأ عنهما عزم دوران يعمل على دوران العضو الدّوّار (المنتج). كما في الشكل السابق رقم (11).



الشكل (17): الدارة المكافئة لمحرّك تيّار مستمرّ ذي أقطاب كهرومغناطيسيّة.

نشاط (2):

ابحث عن تطبيقات محرّك التيّار المستمرّ ذي الأقطاب المغناطيسيّة الحقيقية، ومحرّك التيّار المستمرّ ذي الأقطاب الكهرومغناطيسيّة.

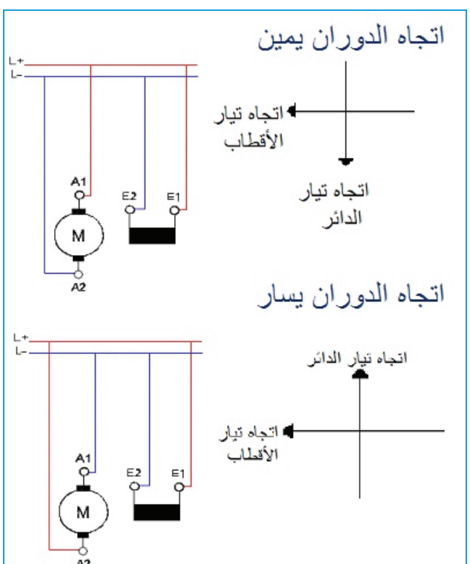
عكس دوران محرّك التيّار المستمرّ

يتم عكس اتّجاه دوران محرّك التيّار المستمرّ عن طريق:

- عكس أقطاب ملفّات المنتج (armature).
- عكس أقطاب ملفّات المجال (field).

السبب: عند تغيير اتّجاه تيّار أحد الملفين، ينعكس اتّجاه المجال الكهربائيّ المتولّد عن هذا الملف؛ وبالتالي ينعكس اتّجاه الدوران.

1. في الحالة الأولى: يتحرّك التيّار الكهربائيّ خلال (field windings) من (E1) إلى (E2)، ويتحرّك خلال ملفّ الـ (armature windings) من (A1) إلى (A2)، فيدور المحرّك في اتّجاه اليمين.
2. في الحالة الثانية: لعكس اتّجاه الدوران نعكس أقطاب ملفّات الـ (armature windings) يتحرّك التيّار الكهربائيّ خلال (field windings) من (E1) إلى (E2)، ويتحرّك خلال ملفّ الـ (armature windings) من (A2) إلى (A1)، فيدور المحرّك في اتّجاه اليسار.



الشكل (18): عكس اتّجاه الدوران

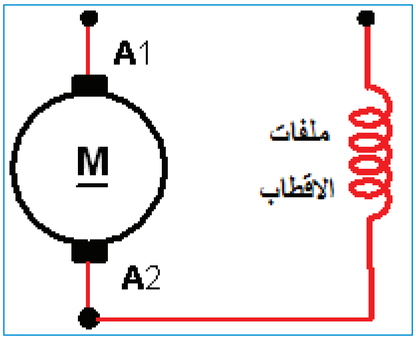
أنواع محرّكات التيّار المستمرّ الأساسيّة

محرّك التوالي (Series DC motor)

تكون ملفّات المجال ذات مقطع كبير، وعدد اللفات قليلة، ومتصلة على التوالي مع المنتج؛ وبالتالي فإنّ التيّار الساري بالمنتج هو نفسه التيّار الَّذي يسري بملفّات الأقطاب، كما في الشكل التالي.

- **خصائصه:**
1. عزم بدء الدوران كبير.
2. سرعته تقل كلما زاد تيّار الحمل، والعكس صحيح.

- **استخداماته:**
1. آلات الجر الكهربائيّ مثل المصاعد.
2. الأعمال الَّتي تتطلَّب السرعة بتغير الأحمال مثل الرافعة.



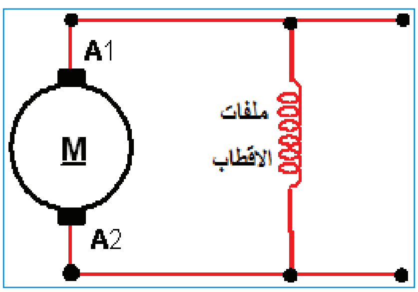
الشكل (19): محرّك التوالي

محرّك التوازي (Shunt DC Motor)

تكون ملفّات المجال ذات مقطع صغير وعدد لفات كثيرة؛ وبذلك تكون مقاومتها كبيرة، ويتم توصيلها على التوازي مع ملفّات المنتج (العضو الدّوّار) من خلال الفرش الكربونية.

- **خصائصه:**
1. سرعة دوران ثابتة تقريباً لجميع الأحمال.
2. يعطي عزم دوران مناسب مع تيّار اللاحمل.

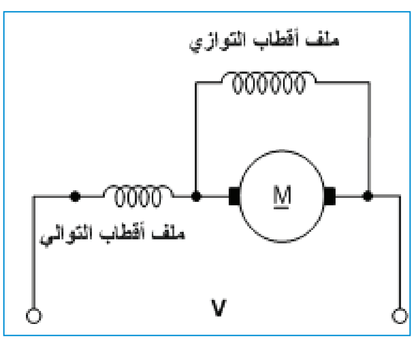
- **استخداماته:**
1. آلات النسيج، ومِضخّات الطرد المركزي، والمراوح.



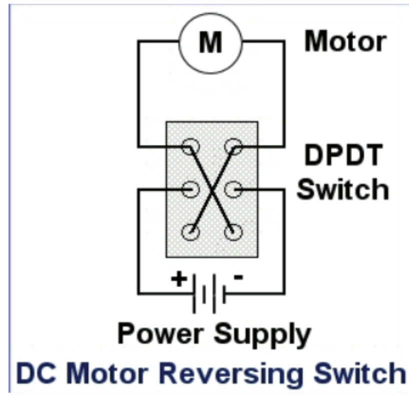
الشكل (20): محرّك التوازي

المحرّك المركب (Compound DC motors)

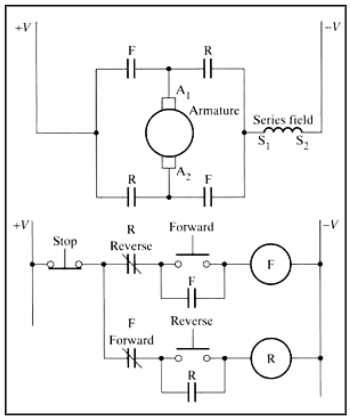
في هذا المحرّك يوجد نوعان من الملفّات على الأقطاب الرئيسيّة في العضو الثابت هما: ملفّات التوالي وملفّات التوازي، وبشكل آخر فإنّ المحرّك هو أساساً محرّك توازي أضيفت له ملفّات توالي على الأقطاب وذلك لتأخذ بعضاً من ميزات محرّك التوالي مثل الاستقرار في السرعة وزيادة عزم بدء الحركة.



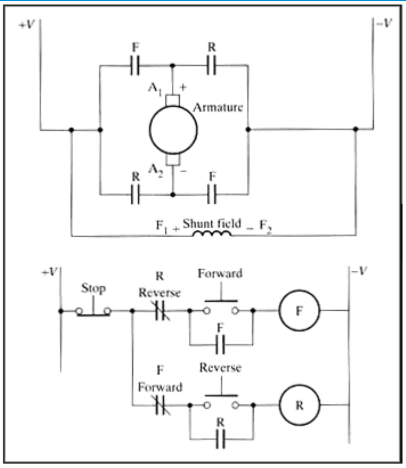
الشكل (21): المحرّك المركب



عكس اتجاه محرك بمغناطيس دائم
بمفتاح DPDT



عكس اتجاه محرك توالي
بمفاتيح مغناطيسية



عكس اتجاه محرك توازي
بمفاتيح مغناطيسية

الشكل (22): طرق عكس اتِّجاه الدوران لأنواع محرّكات التيّار المستمرّ.

نشاط (3):

مستعيناً بالشبكة العنكبوتية (الإنترنت) ابحث عن أنواع المحرّك المركب وتطبيقاته.

أعطال محرّكات التيّار المستمرّ

المحرّك لا يبدأ دورانه.

- **الأسباب المحتملة:**

احتراق المصهر، أو اتساخ الفرش، أو ارتخاء نابض الفرش، أو الملفّات دارة مفتوحة، أو الملفّات دارة قصر، أو تآكل في كراسي المحور، أو تلامس حامل الفرش مع جسم الآلة، أو زيادة الحمل، أو قصر في المبدّل (الموحد).

- **إجراءات الإصلاح المقترحة:**

تبديل المصهر، أو تنظيف الفرش والتأكّد من حريتها وتبديل النابض عند اللزوم، أو توصيل دارة الملف المفتوحة، أو استبدال الملف التالف، أو استبدال كراسي المحور، أو فصل التلامس أو تبديل الحامل، أو توصيل المحرّك مع حمل مناسب، أو تنظيف نحاسات المبدل.

حدوث شرارة أثناء الدوران

- **الأسباب المحتملة:**

عدم التلامس الجيِّد بين الفرش والمبدل، أو اتساخ المبدل، أو دارة مفتوحة في بعض ملفّات المبدل، أو خطأ في قطبية أقطاب التوحيد، أو قصر في الملفّات، أو قصر مع جسم المحرّك، أو عكس توصيل طرفي ملفّات المنتج، أو عدم وجود فرش في الوضع الطبيعيّ.

- **إجراءات الإصلاح المقترحة:**

ضبط التلامس، أو تنظيف المبدل، أو إعادة لفّ المنتج، أو مراجعة التوصيل وإعادته للتوصيل الصحيح، أو توصيل الأقطاب بالطريقة المناسبة، أو فصل دارة القصر عن جسم المحرّك، أو ضبط توصيل طرفي المنتج، أو ضبط وضع الفرش.

المحرّك يدور ويصدر ضجيجاً عالياً أثناء الدوران.

- **الأسباب المحتملة:**

تآكل كراسي المحور.

- **إجراءات الإصلاح المقترحة:**

تبديل كراسيّ المحور.

المحرّك يدور ببطء.

- **الأسباب المحتملة:**

قصر ملفّات الأقطاب، أو قصر في المبدل، أو تآكل كراسي المحور، أو ملفّات المنتج دارة مفتوحة، أو خطأ في فولتية المصدر، أو الفرش الكربونية ليست في الوضع الطبيعيّ.

- **إجراءات الإصلاح المقترحة:**

تبديل الملفّات، أو إزالة دارة القصر، أو تبديل كراسي المحور، أو توصيل الملفّات بالطريقة المناسبة، أو التأكّد من فولتية المصدر، أو ضبط وضع الفرش.

زيادة سرعة المحرّك عن السرعة الاسمية المقرَّرة.

- **الأسباب المحتملة:**

ملفّات التوازي دارة مفتوحة، أو لا يوجد حمل، أو قصر في ملفّات المجال، أو تلامس بين الملفّات وجسم المحرّك.

• **إجراءات الإصلاح المقترحة:**

توصيل الملفّات بالطريقة الصحيحة، أو التحميل قبل التشغيل، أو تبديل ملفّات المجال، أو فصل التلامس أو تبديل الملفّات.

زيادة حرارة المحرّك أثناء الدوران.

• **الأسباب المحتملة:**

زيادة الحمل، أو تآكل كراسي المحور، أو قصر في الملفّات، أو زيادة ضغط الفرش أكثر من اللزوم.

• **إجراءات الإصلاح المقترحة:**

تقليل الحمل، أو ضبط شد قشاط نقل الحركة إن وجد، أو تبديل كراسي المحور، أو تبديل الملفّات، أو ضبط وضع الفرش.

نشاط (4):

أحضر خلاطا كهربائيّا (مولينكس) وقم بفكه، وتعرّف على نوع المحرّك المكوّن له، واشرح بخطوات كيفيّة تحديد العطل للحالات الآتية:

1. المحرّك لا يعمل نهائيّاً.
2. عدم عمل المحرّك بشكل طبيعيّ.

6-4 الموقف التعليميّ التعلّمي: فحص وتشغيل محرّك السيرفو وتطبيقاته.

وصف الموقف التعليميّ:

(حضر صاحب مصنع إلى ورشة إلكترونيّات، وطلب تركيب روبوت يتحرّك على محور دورانيّ متحرك مع يد ترتفع إلى أعلى وأسفل؛ وذلك ليقوم بتركيب مغناطيس كهربائيّ في نهاية اليد؛ لتقوم بالتقاط قطع معدنية من أجل نقلها من مكان لآخر).

العمل الكامل:			
خطوات العمل	وصف الموقف الصفي	المنهجيّة (إستراتيجيّة التعلّم)	الموارد حسب الموقف التعليميّ
أجمع البيانات، وأحلّلها	• أجمع البيانات من صاحب المشغل حول: - مدى زاوية تحرك الروبوت في كُلّ محور دوران. - العزم المطلوب من الروبوت. - هل التحكُّم المطلوب آلياً أو بواسطة عصا التحكُّم. • أجمع البيانات حول: - الروبوتات وأنواعها. - المحرّكات المستخدمة في تشغيل الروبوتات. - محرّك السيرفو ومبدأ عمله. - المتحكّمات المستخدمة في التحكُّم بالروبوتات. توصيل وبرمجة لوحة الأوردينو.	• الحوار والمناقشة. • البحث العلميّ. • العصف الذِّهنيّ. • العمل التعاوني.	• طلب صاحب المصنع الكتابي (وصف المهمّة، كتاب رسمي). • كتالوجات حول محرّكات السيرفو. • الشبكة العنكبوتية (الإنترنت) والمواقع العلميّة الموثوقة (المحكّمة). • القرطاسيَّة.
أُخطّط، وأُقرّر	• أصنف البيانات الّتي تمَّ جمعها حول (زاوية الحركة، ومحاور الحركة، ومحرّك السيرفو، ولوحة الأوردينو....). • تحديد خطوات العمل: - وضع مقترحات وبدائل لحل المشكلة - دراسة البدائل وتحديد نقاط القوّة والضعف.	• العصف الذِّهنيّ (استمطار الأفكار حول دارات المحرّكات ثلاثيّة الأطوار). • المناقشة والحوار. • التعلّم التعاوني (العمل ضمن فريق)	• البيانات الّتي تمَّ جمعها من الزبون. • كتالوجات حول محرّكات السيرفو. • لائحة بالأوامر الأساسيّة لبرمجة لوحة الأوردينو • نموذج جدولة وقت تنفيذ المهام (الخطة). • طلب صاحب المشغل.

	- تحديد البديل الأنسب - إعداد جدول زمنيّ للتنفيذ. • أحدِّد عدد محرّكات السيرفو المطلوبة ومواصفاتها اعتمادا على المطلوب. • أحدِّد نوع المتحكّم الَّذي سيقوم بعمليّة التحكُّم. • أرسم مخطّط التوصيلات للمتحكم مع المحرّكات وعناصر التشغيل. • أكتب برنامج التحكُّم المطلوب. • أحضِّر الأجهزة اللازمة لفحص المحرّك. • أحضِّر مواصفات المحرّكات الكهربائيّة المستخدمة. • أحضِّر مواصفات القطع الكهربائيّة المستخدمة. • أحدِّد الأدوات والعِدَد والأجهزة اللازمة. • أعد خطة لتنفيذ العمل تتضمن زمن المهمّة والوقت المقدر.		• الإنترنت (مواقع خاصة بالمحرّكات وداراتها ذات مصداقيَّة). • القرطاسيَّة اللازمة.
أُنفِّذ	• أراعي قواعد الأمان والسلامة العامة، وأتنبَّه إلى: - ملائمة قيمة مصدر الجهد للوحة الأوردينو ومحرّكات السيرفو - أقوم بتوصيل لوحة الأوردينو مع محرّك السيرفو والمقاومة المتغيِّرة. - أقوم بكتابة برنامج التحكُّم المطلوب ومن ثمّ تحميله على لوحة الأوردينو. - أقوم بتركيب نموذج الروبوت البسيط مع محرّكات السيرفو اللازمة. - أقوم بتوصيل لوحة الأوردينو مع عصا التحكُّم وإلى نموذج الروبوت البسيط. - أقوم بكتابة برنامج التحكُّم المطلوب للروبوت البسيط، ومن ثمّ تحميله على لوحة الأوردينو	• الحوار والمناقشة. • العصف الذِّهنيّ (استمطار الأفكار) • العمل التعاوني.	• جهاز حاسوب مع برنامج أوردينو. • محرّكات سيرفو. • مقاومات متغيِّرة. • لوحات أوردينو uno • عصي تحكم (joysticks). • قطع من البلاستيك أو الخشب.

أتحقّق	• أراعي قواعد الأمن والسلامة العامة، وأتنبَّه إلى ملائمة قيمة مصدر الجهد للوحة الأوردينو ومحرّكات السيرفو قبل التشغيل. • أصل دارة تشغيل محرّك السيرفو مع المقاومة المتغيِّرة إلى مصدر الجهد، وأتأكّد من عمل الدارة. • أصل دارة تشغيل الروبوت البسيط مع مصدر الجهد وأتأكّد من عمل الدارة. • أتأكّد من الوثائق والنماذج الَّتي تمَّ تعبئتها خلال أداء المهمّة. • أُعيد العِدَد والأدوات المستخدمة لمكانها وأُنظِّف موقع العمل.	• العصف الذِّهنيّ. • عمل المجموعات. • لعب الأدوار. • الحوار والمناقشة.	• طلب صاحب المصنع. • الوثائق والتقارير. • المواصفات. • مخطّطات التوصيل • برنامج التحكُّم • القرطاسيَّة.
أوثِّق، وأعرض	• أوثق نتائج جمع البيانات حول: - الروبوتات وأنواعها. - المحرّكات المستخدمة في تشغيل الروبوتات. - محرّك السيرفو ومبدأ عمله. - المتحكّمات المستخدمة في التحكُّم بالروبوتات - توصيل وبرمجة لوحة الأوردينو. - توثيق مخطّطات الدارات الَّتي تمَّ تنفيذها. - توثيق أداء الدارات الَّتي تمَّ تنفيذها والبيانات المرتبطة بها. • أنشئ مِلفّاً لكلّ حالة. • أجهّز تقريراً فنّيّاً للزبون. • أُعِدّ تقريراً كاملا بالعمل.	• الحوار والمناقشة. • اعرض النتائج مستخدما برنامج البوربوينت أو أي برنامج مناسب بمنهجية لعب الأدوار.	• جهاز العرض (LCD) • جهاز الحاسوب. • نماذج عمليّة. • قرطاسيَّة.

أقوّم	• أقيّم رضا صاحب المصنع عن حل المشكلة. • أقيّم عمل كُلّ الدارة في جميع ظروف التشغيل. • أقيم أهمية تطوير الدارات لتتلاءم مع ظروف التشغيل بشكل أفضل. • أعبِّئ نموذج التقييم.	• النقاش الجماعيّ. • البحث العلميّ.	• نماذج التقويم. • طلب صاحب المصنع. • كتالوجات ونشرات للمعايير والمواصفات الخاصَّة بمحرّكات السيرفو والروبوتات. • المخطّطات الفنِّيَّة. • ورقة / نموذج العمل الخاص بالتقييم. • القرطاسيَّة.

الأسئلة:

1. ارسم المخطّط الصندوقي لنظام تشغيل محرّك سيرفو موضحا وظيفة كُلّ مرحلة.
2. ناقش الفرق بين محرّك التيّار المستمرّ ومحرّك السيرفو الصغير من ناحية إشارات التشغيل.
3. وضح العناصر الأساسيّة لنظام تشغيل محرّك سيرفو صناعيّ.
4. طلب منك تشغيل محرّك سيرفو بحيث يعمل كما يأتي:

عند الضغط على ضاغط التشغيل يقوم محرّك السيرفو بالتحرك من الزاوية صفر، ثمّ 45، ثمّ 90، ثمّ 135، ثمّ 180 درجة، ثمّ الرجوع إلى وضع الصفر، مع تأخير زمنيّ 3 ثانية بين كُلّ مرحلة وأخرى.

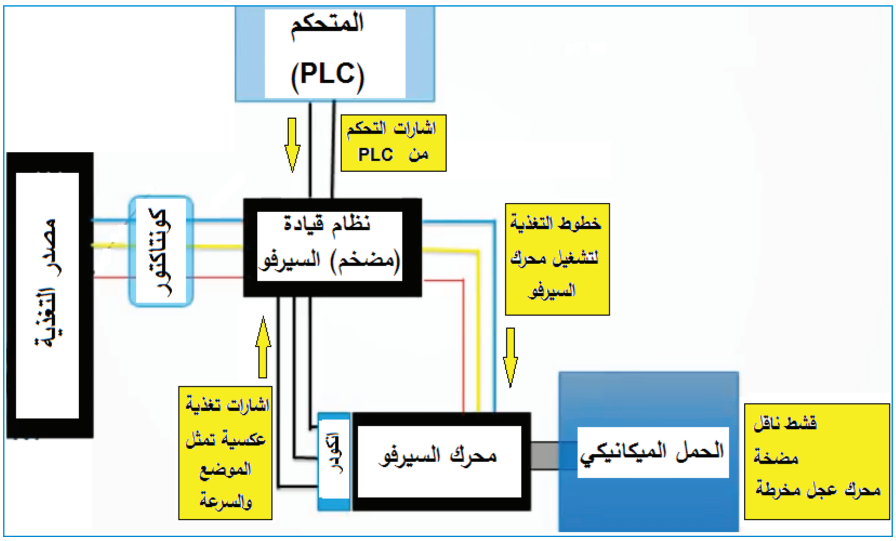
المطلوب: أ- كتابة برنامج التحكُّم المطلوب.
ب- توصيل العناصر إلى المتحكّم.
ج- تشغيل الدارة والتأكّد من عملها.

أتعلم: فحص وتشغيل محرّك السيرفو وتطبيقاته.

نشاط (1):

اكتب تقريراً عن تطبيقات محرّك السيرفو في جميع المجالات الصناعيّة وغيرها مُبيِّناً المميزات الَّتي أدت انتشار استخدامه.

محرّك السيرفو هو محرّك أو مشغل يمكن من خلاله الحصول على تحكّم دقيق في الموضع الزاوي أو السرعة أو العزم على محور المحرّك. وهذه الإمكانيّات غير متوفّرة في المحرّكات العاديّة. وبشكل عام فإنّ محرّك السيرفو يتكوَّن من محرّك مرتبط بمجسّ ليعطي إشارة تغذية عكسيّة تمثّل الموضع الحالي لمحور المحرّك. ويستخدم انكودر ضوئي (Encoder) مرتبط بمحور المحرّك كمجس في الأنظمة الصناعيّة أو مقاومة متغيِّرة في محرّكات السيرفو المستخدمة في المحرّكات الصغيرة. ويلزم كذلك نظام قيادة (Servo Drive) (نظام تحكم) يقوم باستقبال إشارات كهربائيّة من المشغل أو متحكم (PLC) تمثل الموضع المطلوب لمحور المحرّك من جهة، والإشارات الواردة من المجس على محور المحرّك، وبناء على ذلك يقوم بإخراج الإشارات الكهربائيّة اللازمة لإدارة المحرّك؛ من أجل الوصول إلى الموضع المطلوب. ويُبيِّن الشكل (1) المخطّط الصندوقي لنظام تشغيل محرّك سيرفو.



الشكل (1): المخطّط الصندوقي لنظام تشغيل محرّك سيرفو

ولا بد من التوضيح أن تسمية محرّك السيرفو مرتبطة باستخدام المحرّك في التطبيقات أو الأنظمة الَّتي تتطلَّب التحكُّم بالموضع أو السرعة أو العزم. وتستخدم كُلّ من المحرّكات الآتية في أنظمة السيرفو:

1. محرّكات توافقية (تيار متردّد).
2. محرّكات حثية (تيار متردّد).
3. محرّكات تيّار مستمرّ.

ويغلب استخدام المحرّكات الَّتي تعمل على التيّار المتردّد نظراً لاعتماديتها العالية وعدم حاجتها للصيانة.

ويُبيِّن الشكل (2) العناصر الأساسيّة لنظام تشغيل محرّك سيرفو في المجالات الصناعيّة التي تشمل:



الشكل (2): العناصر الأساسيّة لنظام تشغيل سيرفو صناعيّ

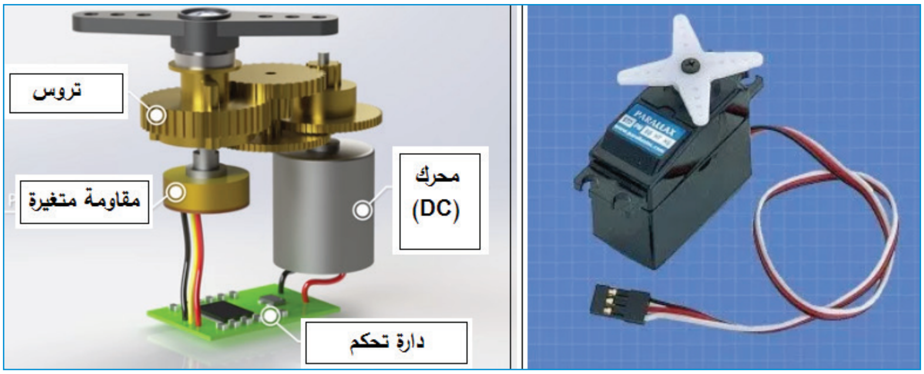
1. **قاطع تيار:** ويعمل لفصل الدارة عند حدوث قصر دارة أو فصل الدارة يدويّا عند الحاجة.
2. **كونتاكتور:** حيث يكون عمل هذا الكونتاكتور مرتبطا بإشارة من نظام قيادة (مضخّم) السيرفو. حيث يقوم نظام القيادة بفصل الدارة عند حدوث خطأ يتطلَّب ذلك.
3. **المتحكّم الرئيسي (PLC):** وهو المتحكّم الَّذي يتحكم بالآلة الصناعيّة ككل، ويعطي الإشارات المطلوبة لمحرّك السيرفو وغيره من عناصر الآلة في الوقت المناسب. وتعتمد هذه الإشارات على البرنامج المخزن داخله والإشارات الواردة من المِجسّات أو الضواغط أو شاشة التشغيل HMI)).
4. **الإنكودر:** ووظيفته إعطاء إشارات كهربائيّة تمثل الوضع أو السرعة أو اتِّجاه الدوران الحاليين إلى نظام قيادة السيرفو
5. **نظام قيادة (مضخّم) السيرفو:** ويعمل كمتحكم حيث يقوم باستقبال الإشارات الكهربائيّة الَّتي تمثل الموضع أو السرعة المطلوبة من المشغل أو المتحكّم المنطقي المبرمج الَّذي يتحكم بالآلة الصناعيّة ككل، وذلك على شكل نبضات كهربائيّة بنمط معين من جهة، والإشارات الكهربائيّة الَّتي تمثل الموضع الحالي للنظام الميكانيكيّ المرتبط مع محرّك السيرفو، وهي على شكل نبضات كهربائيّة أيضاً. حيث يقوم بحساب الخطأ بين القيمتين، ومن ثمّ يقوم بإعطاء الإشارات أو التغذية الكهربائيّة اللازمة للوصول إلى الموضع أو السرعة المطلوبة.
6. **محرّك السيرفو:** ووظيفته تحويل إشارات التغذية الكهربائيّة الواردة من نظام قيادة السيرفو إلى حركة دورانيّة حسب المطلوب.
7. **جهاز برمجة نظام القيادة:** كمبيوتر أو مبرمج خاص لبرمجة نظام قيادة (مضخّم) السيرفو وتهيئتة حسب المطلوب.
8. **مقاومة كبح:** حيث تعمل على تبديد القدرة المتولّدة عند الحاجة إلى كبح (إيقاف) المحرّك.

نلاحظ في ما سبق أن نظام التحكُّم بمحرّك السيرفو للأغراض الصناعيّة هو نظام مكلف وغالي الثمن.

نشاط (2):

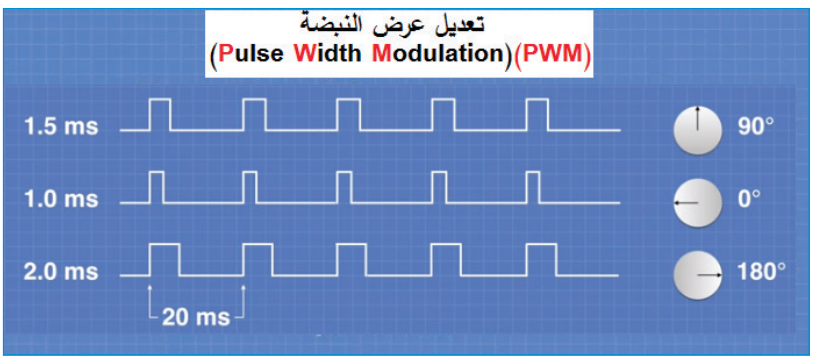
أبحث عن المواصفات الفنّيّة لمحرّكات السيرفو.

ومن أجل استخدام محرّك السيرفو للتطبيقات الصغيرة وغير المكلفة، فقد تمَّ تصنيع محرّكات سيرفو صغيرة تستخدم محرّكات تيّار مباشر صغيرة كمحرّك. ويتم وصل عِدَّة مسنّنات (تروس) لتخفيض السرعة وزيادة عزم الدوران. وتستخدم مقاومة متغيِّرة موصولة مع محور المحرّك كمجس لإعطاء إشارة التغذية الراجعة لموضع محور المحرّك، كما في الشكل (3).



الشكل (3): محرّك سيرفو صغير

وتقوم دارة التحكُّم باستقبال إشارة التحكُّم الَّتي تدلّ على الزاوية الَّتي على محور المحرّك الدوران إليها، ومقارنتها مع الإشارة الواردة من المقاومة المتغيِّرة لإعطاء الأمر للمحرّك بالدوران أو التوقف. وتكون إشارة التحكُّم الواردة على شكل نبضات كهربائيّة، حيث يتمّ تعديل عرض النبضة لتدل على الزاوية المطلوبة لمحور المحرّك، كما في الشكل (4). وتستخدم المتحكّمات الدقيقة مثل (PIC) أو الأوردينو وغيرها لإعطاء إشارات التحكُّم لتشغيل محرّك السيرفو إلى الوضع المطلوب.



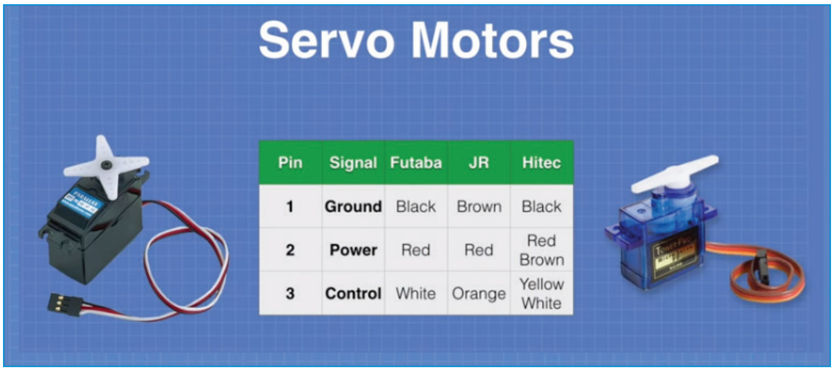
الشكل (4): شكل الإشارات اللازمة للتحكم بمحرّك سيرفو صغير

ومما يجدر ذكره أن هناك محرّكات سيرفو مصمّمة لتتحرَّك باستمرار (وليس الوقوف عند زاوية معينة)، سواء مع عقارب الساعة، أو عكس عقارب الساعة، حسب إشارات تعديل عرض النبضة الواردة إليها.

نشاط (3):

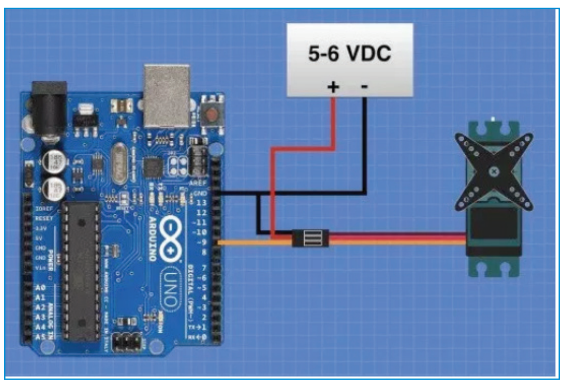
اكتب بحثا عن محرّكات السيرفو الَّتي تدور باستمرار موضّحاً شكل الإشارات اللازمة لأوضاع العمل المختلفة.

ولمحرّك السيرفو الصغير 3 أسلاك وهي (Control، Gnd، Power). ويمثل خط (Power)) الجهد الموجب الَّذي يعمل عليه المحرّك، وقد يتراوح من (4.8V - 8.5V) مع تيّار يعتمد على نوع المحرّك وحجمه. أما خط (Gnd) فيمثل خط الأرضي (السالب). أما خط (Control) فهو خط التحكُّم أو إشارة تعديل عرض النبضة الواردة إلى المحرّك. وتختلف ألوان الأسلاك لكلّ سلك حسب الصانع، كما في الشكل (5).



الشكل (5): أطراف التوصيل لمحرّكات السيرفو

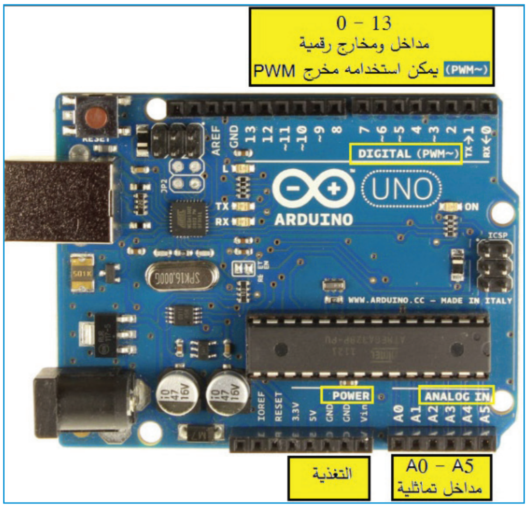
ولتشغيل محرّكات السيرفو يجب الانتباه إلى توفير مصدر جهد منفصل يقوم بتزويد المحرّك بالتيّار اللازم وليس الاعتماد على المتحكّم لتشغيل المحرّك، كما في الشكل (6). وكما نلاحظ فقد تمَّ توصيل موجب المصدر مع موجب المحرّك، فيما تمَّ جعل الأرضي مشتركاً بين المصدر والمتحكّم والمحرّك. أما خط التحكُّم الخارج من المتحكّم للتحكم بمحرّك السيرفو، فيتم وصله مع خط التحكُّم لمحرّك السيرفو.



الشكل (6): كيفيّة تشغيل محرّك السيرفو من مصدر جهد خارجي

تشغيل محرّك السيرفو من لوحة الأوردينو.

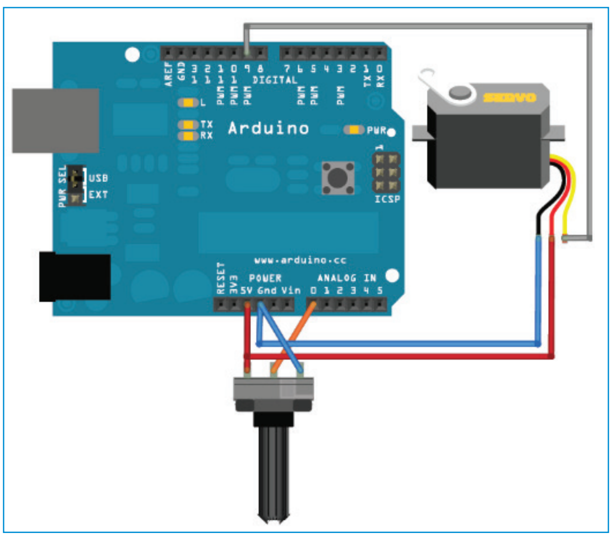
سبق أن ذكرنا بان محرّك السيرفو يعمل على مبدأ تغيير عرض النبضة. وكما نعلم فإنّ لوحة الأوردينو لها أطراف يمكن استخدامها لإخراج إشارات كهربائيّة على مبدأ تغيير عرض النبضة. وهذه الأطراف هي الَّتي يجب برمجتها كمخارج وتوصيل محرّك السيرفو إليها وليس غيرها، وخصوصا عند استخدام المكتبة (library) الخاصَّة بمحرّكات السيرفو (<Servo. h>)، كما في الشكل (7).



الشكل (7): مداخل لوحة الأوردينو ومخارجها (UNO)

التحكُّم بمحرّك السيرفو بواسطة مقاومة متغيِّرة

في هذه الدارة يتحرّك محرّك السيرفو بزوايا مختلفة من (0-180) تعتمد على وضع المقاومة المتغيِّرة. ويُبيِّن الشكل (8) دارة توصيل المقاومة المتغيِّرة ومحرّك السيرفو مع لوحة الأوردينو.



الشكل (8): دارة التوصيل لتشغيل محرّك سيرفو بواسطة مقاومة متغيِّرة

أما برنامج التحكُّم فيكون:

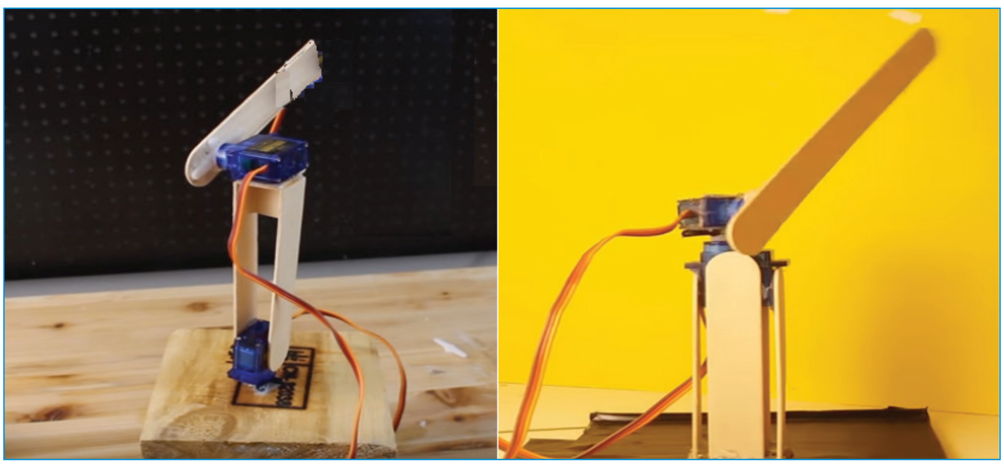
```
#include <Servo. h> ضم مكتبة السيرفو إلى البرنامج
Servo myservo; // إنشاء كائن مرتبط بمكتبة السيرفو
int potpin = 0; // تعريف متغير من نوع عدد صحيح لتوصيل طرف المقاومة المتغيِّرة
int val; // تعريف متغير اسمه val لحفظ القيمة الرقمية المناظرة للمقاومة المتغيِّرة من نوع عدد صحيح
```

```
void setup ()
{
 myservo. attach (9); // ربط الكائن (محرّك السيرفو) الَّذي تمَّ إنشاؤه بالطرف 9
}
void loop ()
{
 val = analogRead (potpin); // (قراءة قيمة جهد المقاومة المتغيّرة (القيمة تتراوح بين 0 - 1023

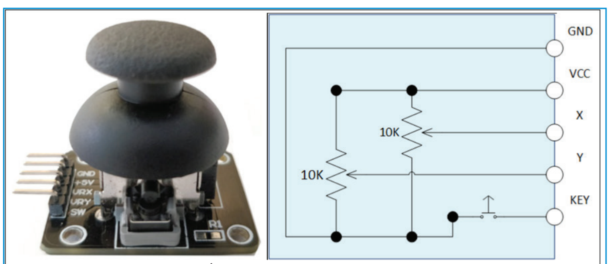
 val = map (val، 0، 1023، 0، 180); // تحويل قيمة المقاومة المتغيّرة (0 - 1023) إلى الزاوية المناظرة في المجال
// (من 0 - 180)
 myservo. write (val);
 delay (15); // تأخير لإعطاء المجال للمحرّك بالدوران
}
```

تركيب نموذج لروبوت بسيط وبرمجته وتشغيله

باستخدام محرّكي سيرفو وبعض قطع الخشب يمكن تركيب روبوت بسيط يتحرّك على محورين، كما في الشكل (9).

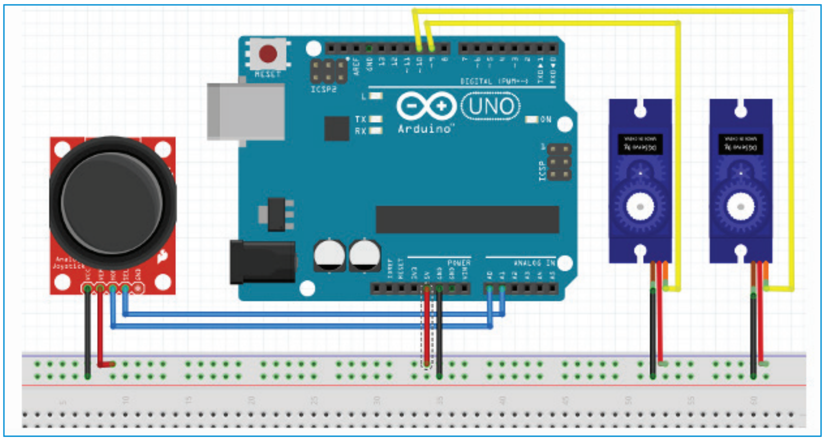


الشكل (9): روبوت بسيط يتحرّك على محورين



الشكل (10): شكل وأطراف توصيل عصا التحكُّم التماثلية بمحوري حركة

وللتحكم بحركة هذا المحرّك بسهولة سيتم استخدام عصا تحكّم (Joystick) الَّتي هي عبارة عن مقاومتين متغيرتين يتمّ التحكُّم بقيمهما حسب حركة العصا على كُلّ من محوري الحركة، كما في الشكل (10). ويتم توصيل الجهد التماثلي الخارج من الطرفين Y، X إلى اثنين من المداخل التماثلية للوحة الأوردينو، فيما يتمّ توصيل محرّكي السيرفو إلى اثنين من الأطراف الرقمية الَّتي تعمل بمبدأ تعديل عرض النبضة بعد تعريفهما بالشكل المطلوب كما رأينا في المثال السابق، كما في الشكل (11).



الشكل (11): مخطّط لتوصيل دائرة الروبوت البسيط

ويمكن استخدام برنامج التحكُّم بالروبوت البسيط التالي:

```
#include <Servo. h>
//Servo objects created to control the servos
Servo myServo1;
Servo myServo2;
int servo1 = 9; //Digital PWM pin used by the servo 1
int servo2 = 10; //Digital PWM pin used by the servo 2
int joyX = 0; //Analog pin to which the joystick (X) is connected
int joyY = 1; //Analog pin to which the joystick (Y) is connected
void setup (){
 myServo1. attach (servo1);
 myServo2. attach (servo2);
}
void loop (){
int valX = analogRead (joyX); //Read the joystick X value (value between 0 and 1023)
valX = map (valX، 0، 1023، 0، 180); //Scale the joystick X value to use it with the servo
myServo1. write (valX);
int valY = analogRead (joyY); //Read the joystick Y value (value between 0 and 1023)
valY = map (valY، 0، 1023، 0، 180); //Scale the joystick X value to use it with the servo
myServo2. write (valY);
delay (15);
}
```

وينصح بالاطلاع على الأفلام ذات الصلة بتركيب ذراع روبوت وتشغيلها (robotic arm) في يوتيوب على شبكة الإنترنت.

تمرين:

طلب صاحب معمل تشغيل الروبوت البسيط (بمحوري حركة) بحيث يعمل كما يأتي:

1. لديك لوحة تحكم مكونة من مفتاح اختيار ذي خمسة مواضع (أحدها وضع صفر) مع ضاغط تشغيل.
2. كُلّ وضع من الأوضاع الأربعة لمفتاح الاختيار مرتبط بوضع معين للروبوت حسب متطلبات العمل.
3. عند وضع مفتاح الاختيار على الوضع المطلوب ومن ثمّ الضغط على ضاغط التشغيل يتحرّك الروبوت إلى الوضع المطلوب، من خلال تشغيل المحرّكات بالتتابع الصحيح. (يتم رفع الذراع العلوي إلى أعلى، ثمّ يتحرّك المحور إلى الوضع المطلوب الجديد، بعدها ينزل الذراع العلوي إلى الوضع الجديد).

المطلوب: أ- توصيل المحرّكات والمفاتيح مع لوحة التحكُّم (الأوردينو).

ب- كتابة برنامج التحكُّم المطلوب.

ج- تشغيل النظام والتأكّد من عمله.

أسئلة الوحدة

السؤال الأول: ضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة لكلّ ممّا يأتي:

1. كيف يدور العضو الدائر في المحرّك الحثّيّ ذي القفص السنجابيّ؟

أ. عكس اتِّجاه المجال الدّوّار. ب. بنفس اتِّجاه المجال الدّوّار.

ج. حسب اتِّجاه بدء الحركة. د. حسب الحمل المتصل بالمحرّك.

2. لماذا لا يستطيع العضو الدائر في المحرّك الحثّيّ أن يدور بنفس سرعة المجال الدّوّار؟

أ. لأن عزم الدوران سيصبح صفراً.

ب. لأن المحرّك الحثّيّ سوف يصبح عندئذ محرّكاً تزامنياً.

ج. الاحتكاك مع الهواء يمنعه من ذلك.

د. فقط إذا كان العضو الدائر متّصلاً بالحمل.

3. محرّك حثّيّ ثلاثيّ الأطوار 6 أقطاب 50 هيرتز يدور بسرعة 950 د/د، إذا تمَّ إنقاص الحمل المتصل بالمحرّك إلى النصف، أحسب سرعة المحرّك.

أ. 475 د/د. ب. 975 د/در ج. 500 د/در د. 1000 د/د

4. ماذا يحدث لعزم البدء للمحرّك إذا قل الجهد الواصل إلى أطراف محرّك حثّيّ إلى نصف الجهد المقرَّر؟

أ. يزيد إلى الضعف. ب. يقلّ إلى النصف. ج. يقلّ إلى الربع. د. يبقى كما هو.

5. أيّ من الآتية تمثّل إحدى خصائص المحرّك الحثّيّ أحاديّ الوجه (بملف واحد)؟

أ. أنه يستطيع البدء وحده. ب. لا يستطيع البدء وحده.

ج. يستطيع الدوران باتِّجاه واحد فقط. د. يستطيع البدء بحمل متوسط أو قليل فقط.

6. ماذا يحدث إذا ترك ملفّ البدء في المحرّك الحثّيّ ذي وجه واحد في الدارة أثناء التشغيل؟

أ. المحرّك يسحب تيارا أعلى من المعتاد وترتفع درجة حرارته.

ب. المحرّك يولد عزما أكبر.

ج. المحرّك يدور بسرعة أكبر.

د. المحرّك يولد شرارا عند تحميله.

7. كيف يمكن عكس اتِّجاه دوران المحرّك الحثّيّ أحاديّ الوجه؟

أ. عكس توصيلات كُلّ من ملفّ البدء وملف التشغيل.

ب. عكس توصيلات ملفّ التشغيل.

ج. عكس توصيلات أسلاك المصدر.

د. عكس توصيلات مفتاح الطرد المركزي.

8. كيف يتمّ توصيل المواسع في المحرّك ذي مواسع البدء؟

أ. التوالي مع ملفّ التشغيل.
ب. التوالي مع ملفّ البدء.
ج. التوالي مع المنتج.
د. التوازي مع المصدر.

9. أي الجمل الآتية خاطئة فيما يتعلق بالمحرّك ذي القطب المُظلّل؟

أ. يدور المحرّك باتِّجاه من القطب غير مظلل إلى القطب المُظلّل.
ب. كفاءة المحرّك منخفضة.
ج. له عزم بدء منخفض.
د. يستعمل في الخلّاطات والمقادح.

10. أي الآتية تُعَدّ من أهم خصائص المحرّك العام؟

أ. له أفضل الخصائص عند تردّد 50 هيرتز.
ب. تقل سرعته عند جميع الأحمال.
ج. له خصائص ممتازة عند مصدر (DC).
د. له عزم بدء عال مقارنة بالمحرّكات 1⦰ الأخرى.

11. ما السبب المحتمل لإصدار محرّك التيّار المستمرّ ضجيجاً عالياً أثناء الدوران؟

أ. تآكل كراسي المحور.
ب. تآكل الفراشي.
ج. ملفّات المنتج O.C
د. تلامس بين الملفّات وجسم المحرّك.

12. كيف يتمّ عكس دوران اتِّجاه محرّكات التيّار المستمرّ؟

أ. عكس أقطاب المكثِّف.
ب. عكس أقطاب ملفّات المنتج أو المجال.
ج. تغيير مصدر الجهد.
د. عكس توصيلات مفتاح الطرد المركزي.

13. ما وظيفة الإنكودر في نظام السيرفو الصناعيّ؟

أ. نقل الحركة من المحرّك إلى الحمل.
ب. إعطاء معلومات إلى مضخّم السيرفو عن السرعة والاتِّجاه للمحرّك
ج. استقبال الإشارات من المتحكّم ونقلها لمضخّم السيرفو.
د. استقبال الإشارات من مضخّم السيرفو ونقلها للمتحكم.

14. ما عدد الأقطاب في محرّك حثّيّ ثلاثيّ الأطوار في أحد مصانع بلادنا يدور بسرعة 1440 د/د؟

أ. 4 أقطاب.
ب. 6 أقطاب.
ج. 2 قطبان.
د. 50 قطباً.

15. أي من الآتية يقوم بإعطاء محرّك السيرفو إشارات التشغيل الكهربائيّة؟

أ. المتحكّم (PLC).
ب. الإنكودر.
ج. الكونتاكتور.
د. مضخّم السيرفو.

السؤال الثاني:

1. قارن بين تركيب المحرّك الحثّيّ أحاديّ الوجه والمحرّك الحثّيّ ثلاثيّ الأوجه.
2. وضِّح أنواع محرّكات الوجه الواحد ذات المواسع، وارسم مخطّط التوصيل الداخليّ لكلّ نوع.
3. اشرح محاسن استخدام بادئ الحركة الإلكترونيّ بالمقارنة مع طرق البدء الأخرى.

السؤال الثالث:

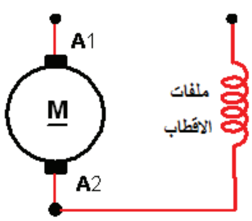
ارسم مخطّط القدرة والتحكُّم لدارة لتشغيل مصعد يعمل على محرّك ثلاثيّ الأطوار في مصنع مكون من طابقين فقط، واشرح عمل الدارة. (يلزم إضافة مفتاح حدّيّ عند كُلّ طابق ومصابيح الإشارة المناسبة).

السؤال الرابع: **تمَّ** فحص عِدَّة محرّكات ثلاثيّة الأطوار متماثلة في القدرة ومن نفس الصانع، وكانت النتائج كما في الجدول التالي:

الحالة	مقاومة الملف الأول	مقاومة الملف الثاني	مقاومة الملف الثالث	مقاومة الملف مع الأرضي	مقاومة الملف بين بعضها
الحالة الأولى	12Ω	12Ω	12	∞	∞
الحالة الثانية	∞	12	∞	∞	∞
الحالة الثالثة	8	12	12	∞	∞
الحالة الرابعة	0	12	12	100KΩ	∞
الحالة الخامسة	12	12	12	∞	100Ω

- حدِّد حالة المحرك في كُلّ حالة، ونوع العطل، إن وجد.

السؤال الخامس: **الشكل المجاور يمثل أحد أنواع محرّكات التيّار المستمرّ،**



المطلوب:

1. ما نوع هذا المحرّك؟ اذكر استخداما واحدا له.
2. ما أنواع محرّكات التيّار المستمرّ الأخرى؟

السؤال السادس: **ما السبب المحتمل للأعطال الآتية في محرّكات التيّار المستمرّ:**

1. المحرّك لا يبدأ الدوران.
2. زيادة حرارة المحرّك أثناء الدوران.
3. وضّح أهمية كُلّ من الأجزاء الآتية في محرّك التيّار المستمرّ:
4. العضو الثابت.

أقطاب التوحيد، والأقطاب الرئيسيّة.
ملفّات التوحيد، وملفّات المجال.
الفرش الكربونية.

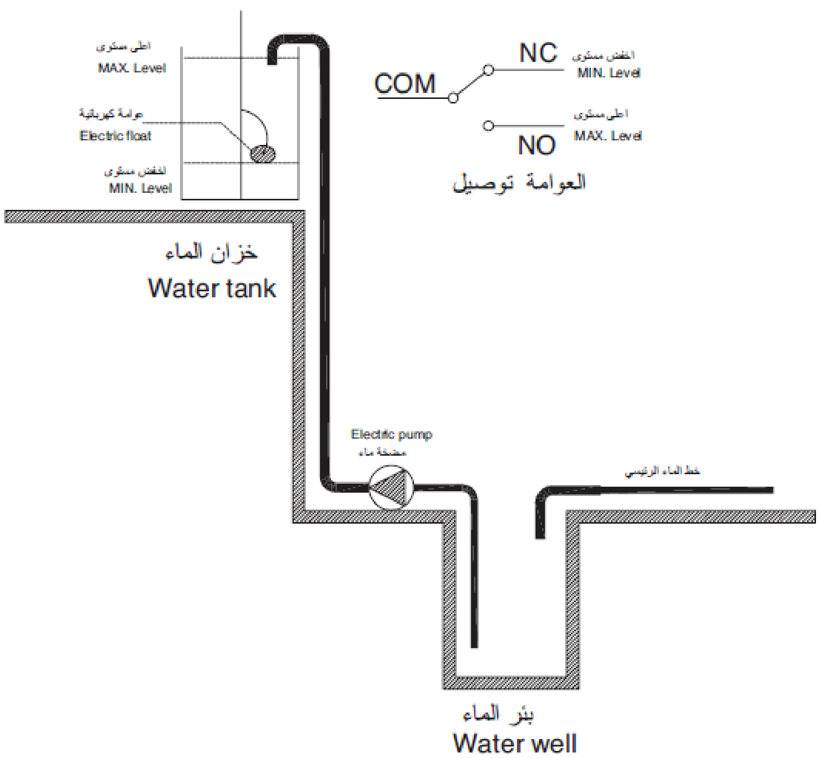
السؤال السابع:

محرّك سيرفو يقوم بتحريك كاميرا مراقبة على محور، يراد تشغيل محرّك السيرفو، بحيث يقوم بتحريك الكاميرا بالشكل التالي:

يتمّ إضافة مفتاح معين للتحكم بنمط تحريك الكاميرا.
عند عدم تشغيل المفتاح يمكن التحكُّم بزاوية وقوف الكاميرا بشكل يدويّ بواسطة مقاومة متغيِّرة.
عند تشغيل المفتاح تتحرَّك الكاميرا جيئة وذهابا بشكل مستمرّ ضمن المدى 180 درجة.
المطلوب: رسم الدارة وكتابة برنامجها.

مشروع:

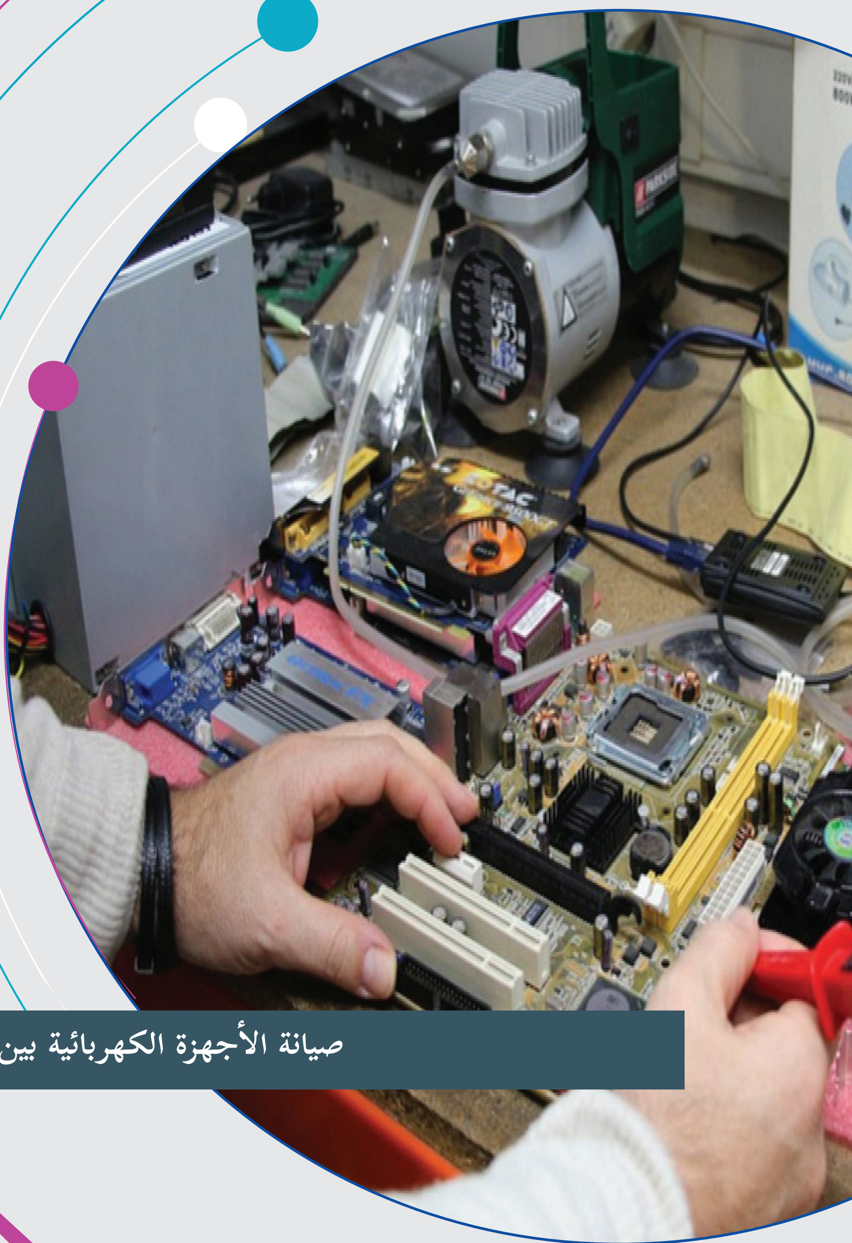
صمّم دارة القدرة ودارة التحكُّم في مستوى الماء بين بئر المياه والخزان الرئيسي لكلا الحالتين، بحيث يستخدم في المرة الأولى محرّك أحاديّ الطور، والمرة الثانية محرّك ثلاثيّ الطور، وتأكّد من عمل الدارتين.



7

الوحدة النمطيّة

تطبيقات وأساسيّات في الصيانة الإلكترونيّة



صيانة الأجهزة الكهربائية بين الماضي والحاضر.

يتوقع من الطلبة بعد دراسة هذه الوحدة، والتفاعل مع أنشطتها، أن يكونوا قادرين على تحديد أعطال بعض الأجهزة الكهربائيّة واللوحات الإلكترونيّة، وعمل الصيانة اللازمة لها، وذلك من خلال الآتي:

- **تركيب دارات التوقيت وتشغيلها، والتحكُّم باستخدام الرقاقة 555.**
- **صيانة دارة التغذية المفتاحيّة.**
- **تركيب الأنظمة الصوتيَّة وصيانتها.**
- **صيانة الأجهزة المنزليّة البسيطة.**

الكفايات المهنية

الكفايات المتوقَّع امتلاكها من الطلبة بعد الانتهاء من هذه الوحدة:

أوّلاً- الكفايات الحرفيَّة

- القدرة على تركيب دارات التوقيت وتشغيلها، والتحكُّم باستخدام الرقاقة 555.
- القدرة على صيانة دارة التغذية المفتاحيّة.
- القدرة على تركيب الأنظمة الصوتيَّة وصيانتها.
- القدرة على صيانة الأجهزة المنزليّة البسيطة.

ثانياً: الكفايات الاجتماعيّة والشخصية

- مصداقيَّة التعامل مع الزبون.
- الحفاظ على خصوصيَّة الزبون والمسؤوليّة والإحساس بالواجب.
- الضمان الذّاتيّ.
- الدِّقَّة في المواعيد.
- الموثوقيّة.
- تقبُّل النقد.
- التعامل بشكل بنّاء مع النزاعات.
- الاستقلاليّة.
- الموقف الإيجابيّ نحو التعلّم مدى الحياة.
- الموقف الإيجابيّ نحو المهام والعمل والحياة.
- المبادرة والاستجابة والالتزام بالعلاقات الاجتماعيّة.
- المسؤوليّة الاجتماعيّة.
- قبول توزيع الأدوار.
- القدرة على التأمُّل الذّاتيّ والتَّفهُّم والمشاركة في التفاعلات.
- التواصل والاتصال الفعّالين مع الزبون، والمظهر اللائق.
- التمثُّل بأخلاقيّات المهنة في العمل.
- الاستعداد لاستشارة ذوي الخبرة والاختصاص.

ثالثاً: الكفايات المنهجية

- العمل التعاوني (لعب الأدوار، والمحاكاة، وفرق العمل، والبحث العلميّ، والمجموعات... إلخ)
- الحوار والمناقشة.
- البحث العلميّ.
- العصف الذِّهنيّ (استمطار الأفكار).

وسائل وإجراءات الأمن والسلامة والسلوك المهني

- ارتداء الزي المناسب (ملابس مناسبة وغير فضفاضة أو ذات أطراف طويلة)، وعدم لبس أي نوع من أنواع المعادن في اليدين أو الجسم (خواتم، وسلاسل، وساعات... إلخ) للوقاية من أي خطر.
- توفّر متطلبات السلامة الشخصية والبيئة المحيطة (الكفوف، والأرواب، والعوازل الأرضية، والشفاطات إن لزم الأمر، والطفايات، وأنظمة المراقبة والأمان، وحقيبة الإسعافات الأولية.... إلخ).
- التركيز أثناء العمل والتزام الانضباط والحذر والحد من أي ضوضاء.
- عدم العبث بالأجهزة والأدوات الموجودة داخل المشغل أو الورشة وحفظها بصورة جيدة.
- الالتزام بتعليمات التشغيل لأي جهاز أو أداة تدريبية وعدم إزالة أي جزء مخصَّص للحماية والأمان.
- التأكّد من عزل الأسلاك الَّتي تتعامل معها وعدم تعريضها للتلف، ومراعاة ابتعادها عن أي وصلات معدنية أو مياه، والانتباه إلى أي أسلاك كهربائيّة يمر بها تيّار كهربائيّ.
- الانتباه إلى الجهد المقرَّر لكلّ جهاز قبل تشغيله.
- المحافظة على نظافة المكان، وترتيبه بصفة دائمة بعد الانتهاء من التدريب.
- عمل صيانة دورية للأجهزة، وفحص الأسلاك والتوصيلات وبيئة التدريب.
- اتِّباع تعليمات المدرِّب، ومراجعته عند الضرورة.

7-1 الموقف التعليميّ التعلّمي: تركيب وتشغيل دارات التوقيت والتحكُّم باستخدام الرقاقة 555

وصف الموقف التعليميّ:

(طلب صاحب مشغل من مؤسسة الصيانة بناء دارة توقيت وتشغيلها للتحكم بعمل المكبس لديه، بحيث تحتوي على ضاغط تشغيل وضاغط إيقاف مع إمكانية التحكُّم بالزمن حسب المطلوب).

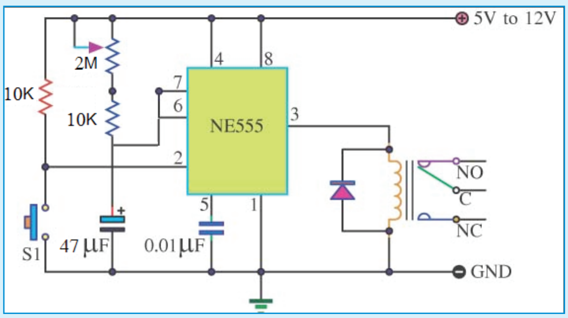
العمل الكامل			
خطوات العمل	وصف الموقف الصفي	المنهجيّة (إستراتيجيّة التعلّم)	الموارد حسب الموقف التعليميّ
أجمعُ البيانات، وأحلّلُها	• أجمع البيانات من صاحب المصنع حول طلبه من حيث: - مدى زمن التوقيت المطلوب. - الجهد الَّذي ستعمل عليه دارة التوقيت. - تيار الحمل وجهده. - هل تمَّ عرض المشكلة على أحد من قبل. • جمعِ البيانات عن: المؤقِّتات ودارات التوقيت. الدارة المتكاملة 555. أنماط تشغيل الدارة المتكاملة 555. تطبيقات الدارة المتكاملة 555.	• الحوار والمناقشة. • البحث العلميّ. • العمل التعاوني.	• طلب صاحب المشغل الكتابي (وصف المهمّة، كتاب رسمي). • كتالوجات ودليل الشركات المصنعة وكتب المكافئات للعناصر المتنوعة. • مخطّطات الدارات الكهربائيّة المتعلِّقة بالمؤقت (555) والدارات ذات العلاقة. • الكتب العلميّة ذات العلاقة. • الشبكة العنكبوتية (الإنترنت) والمواقع العلميّة الموثوقة (المحكّمة)، أنماط بصرية وفيديو وصور. • قرطاسيَّة.
أُخطِّطُ، وأُقرِّرُ	• أصنّف البيانات الَّتي تمَّ جمعها حول (المؤقت (555)، وتطبيقات المؤقت (555)، وتوزيع الأطراف ومواصفاتها الفنِّيَّة، ودارات وطرق توصيل المؤقت (555) • تحديد خطوات العمل: - أرسم مخطّط دارات المؤقت (555). - أستحضر القوانين والعلاقات الحسابيَّة اللازمة لحساب الزمن للمؤقت. - أحدِّد الأدوات والعِدَد والأجهزة اللازمة. - أعد خطة لتنفيذ العمل تتضمن زمن المهمّة والوقت المقدر.	• العصف الذِّهنيّ (استمطار الأفكار حول المؤقِّتات). • المناقشة والحوار. • التعلّم التعاوني (العمل ضمن فريق).	• نماذج جمع البيانات (كتالوجات، وصور، وبيانات تمَّ جمعها...) • نموذج جدولة وقت تنفيذ المهام (الخطة) • طلب الزبون. • الشبكة العنكبوتية. • الكتب العلميّة ذات العلاقة • برامج رسم الدارات المحوسبة. • القرطاسيَّة اللازمة.

أنفّذ	• أراعي قواعد الأمن والسلامة العامة، وأنتبه إلى: - الجهد الَّذي تعمل عليه الدارة. - حرارة كاوي اللحام عند لحام العناصر الإلكترونيّة. • أقوم بتركيب دارة مذبذب أحاديّ الاستقرار باستخدام المؤقت (555) وتشغيلها. • أقوم بتركيب دارة مذبذب غير مستقر باستخدام المؤقت (555) وتشغيلها. • أقوم بتركيب دارة مذبذب ثنائيّ الاستقرار باستخدام المؤقت (555) وتشغيلها. • أقوم بتركيب دارة التحكُّم بتشغيل المكبس باستخدام المؤقت (555) وتشغيلها.	• العمل التعاوني. • البحث العلميّ. • حل المشكلات.	• الأجهزة والعِدَد الخاصَّة بالفحص والتركيب والصيانة. • أجهزة القياس الإلكترونيّة. • دارات متكاملة 555. • مقاومات ومواسعات متنوعة. • لوحات توصيل. • أسلاك توصيل. • عرّاية أسلاك. • قطّاعة أسلاك.
أتحقّق	• أتحقَّق من عمل الدارات المختلفة. • أتحقَّق من أن زمن التوقيت لكلّ دارة يتطابق مع القيم المحسوبة. • التحقق من تشغيل الدارة ومعايرتها.	• عمل المجموعات. • الحوار والمناقشة.	• طلب الزبون. • الوثائق والتقارير. • المواصفات الفنِّيَّة. • المخطّطات الإلكترونيّة • العلاقات الحسابيَّة. • القرطاسيَّة. • أجهزة القياس والفحص الإلكترونيّة. • برامج المكافئات المحوسبة.
أوثّق، وأعرض	• أوثق نتائج جمع البيانات حول: المؤقت 555. - أنواع تطبيقات المؤقت 555 ومخطّطاتها وطرق توصيلها. - أجهزة القياس المستخدمة. - القوانين والعلاقات الحسابيَّة اللازمة. • أنشئ مِلفّاً لهذه الحالة. • أجهّز تقريراً فنِّيّاً للزبون. • أُعِدّ تقريراً كاملا بالعمل.	• الحوار والمناقشة. • عرض النتائج مستخدما برنامج البوربوينت أو أي برنامج مناسب بمنهجية لعب الأدوار.	• جهاز العرض (LCD). • جهاز الحاسوب. • برامج رسم الدارات الكهربائيّة وتتبعها. • نماذج عمليّة. • قرطاسيَّة.

قوّم	• رضا صاحب المشغل: موافقته على عمل الدارة. • مطابقة الدارات للعمل المطلوب • تعديل الدارات لتطوير عملها • أعبِّئ نموذج التقييم.	• النقاش الجماعيّ. • البحث العلميّ	• نماذج التقويم • المواصفات والكتالوجات. • المخطّطات الفنّيّة. • ورقة/نموذج العمل الخاصَّة بالتقييم.

الأسئلة:

1. بالرجوع إلى الشكل المجاور

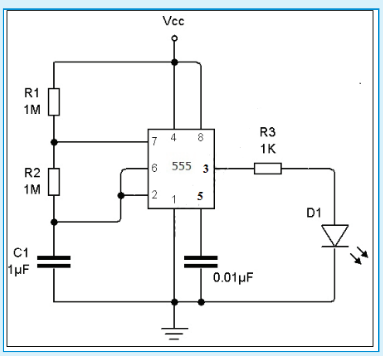


أ- اشرح عمل الدارة باختصار.

ب- احسب أقلّ وأكبر زمن (المدى الزمني) لتايمر الدرج المرسوم في الشكل المجاور.

ج- كيف يمكنك جعل المرحِّل والحمل يعملان طوال الوقت لحالات الطوارىء؟

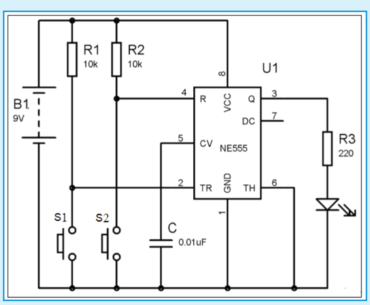
2. بالرجوع إلى الشكل المجاور



أ- اشرح عمل الدارة باختصار، ما شكل الموجة الخارجة؟

ب- احسب Ton، Toff، T، f للموجة الخارجة.

3. بالرجوع إلى الشكل المجاور:



أ- اشرح عمل الدارة باختصار.

ب- هل يمكن استخدام الدارة للتحكم بعمل مِضخَّة لتعبئة الماء من خزان؟ وضِّح ذلك بما في ذلك كيفيّة توصيل المِجسّات اللازمة.

أتعلم: تركيب وتشغيل دارات التوقيت والتحكُّم باستخدام الرقاقة 555

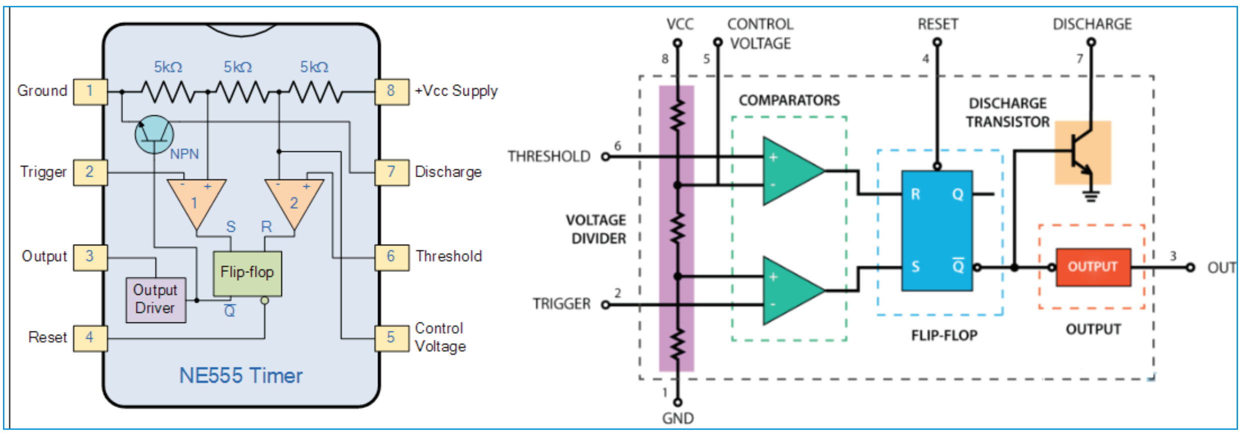
نشاط (1):

اكتب بحثا عن تطبيقات الرقاقة 555 في المجالات الصناعيّة، مثل: دارات الإنذار، والتحكُّم بالمحرّكات.

الرقاقة الإلكترونيّة 555

الرقاقة الإلكترونيّة 555: هي رقاقة تستخدم في دارات المؤقِّتات وتوليد النبضات والمذبذبات. ويمكن كذلك استخدامها في كثير من التطبيقات. وتمتاز هذه الرقاقة ببساطة التركيب، وسهولة الاستخدام، ورخص الثمن.

ويُبيِّن الشكل (1) التركيب الداخليّ الوظيفيّ لهذه الرقاقة. وكما نلاحظ فإنّ هذه الرقاقة تحتوي على مجزئ جهد، ومضخّمي عمليات يعملان كمقارنين، ونطاط، وترانزستور تفريغ، ومرحلة الخرج.



الشكل (1) : التركيب الداخليّ الوظيفيّ للرقاقة 555

أما أطراف الرقاقة الثمانية فهي:

1. **الطرف الأول Pin 1: Ground** طرف الأرضي، ويوصل مع أرضي الدارة.
2. **الطرف الثاني Pin 2: Trigger** مدخل القدح. عند التطبيق اللحظي لجهد أقلّ من ثلث (1/3) جهد المصدر إلى هذا المدخل فإنّ جهد مخرج الدارة عند طرف 3 يصبح عاليا.
3. **الطرف الثالث Pin 3 :Output** مخرج الدارة. وتكون قيمة الجهد الخارج قريبة من الصفر في حالة الجهد المنخفض ، وأقلّ من جهد المصدر بـ 1. 7V في حالة الجهد العالي. ويستطيع هذا المخرج إعطاء أو تصريف حوالي 200mA.
4. **الطرف الرابع Pin 4: Reset** مدخل التصفير: إذا طبق جهد منخفض (أقل من 0.7V) على هذا المدخل، فإنّ مخرج الرقاقة يصبح على الجهد المنخفض. لهذا يجب وصل هذا المدخل بجهد المصدر الموجب عند عدم استخدامه.

5. **الطرف الخامس Pin 5**: Voltage Control مدخل جهد التحكُّم. ويسمح هذا المدخل بتغيير جهدي القدح والعتبة. ويتم توصيل مواسع صغير بين هذا الطرف والأرضي عند عدم الحاجة لاستخدامه.

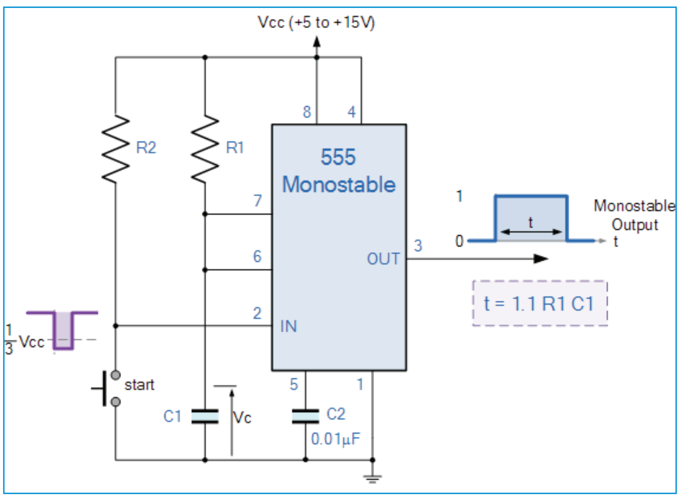
6. **الطرف السادس Pin 6**: Threshold مدخل جهد العتبة. عندما يزيد الجهد على هذا المدخل عن ثلثي جهد المصدر فإنّ مخرج الرقاقة يتحوَّل إلى الجهد المنخفض.

7. **الطرف السابع Pin 7: Discharge** مخرج من نوع مجمع مفتوح يعمل عند عمل المخرج، ويستخدم لتفريغ المواسع في دارات المذبذبات.

8. **الطرف الثامن Pin 8:**Vcc Supply وهو جهد التغذية الموجب للرقاقة. وتعمل الرقاقة في مدى جهد يتراوح بين +5V إلى +16V.

وتعمل الرقاقة بعدة أنماط عمل منها:

1. مذبذب أحاديّ الاستقرار (Monostable Multivibrator): لهذه الدارة حالتا تشغيل، إحداهما مستقرَّة، ويكون مخرج الرقاقة عندها في حالة الجهد المنخفض، والحالة الثانية غير مستقرَّة، ويكون مخرج الرقاقة عندها في حالة الجهد العالي. يُبيِّن الشكل (2) مخطّطاً لهذا المذبذب وشكل الموجة الخارجة.



الشكل (2): مخطّط مذبذب أحاديّ الاستقرار باستخدام الرقاقة 555

في الوضع الطبيعيّ يكون مخرج الدارة على الطرف 3 في حالة الجهد المنخفض، عند الضغط على الضاغط (start) ينخفض الجهد على المدخل 2 إلى ما يقارب الصفر؛ ممّا يسبِّب تغير حالة مخرج الدارة إلى حالة الجهد العالي، ويبقى مخرج الدارة على هذه الحالة لمدة زمنية تتحدّد بقيمة المقاومة (R1) والمواسع (C1) حسب العلاقة:

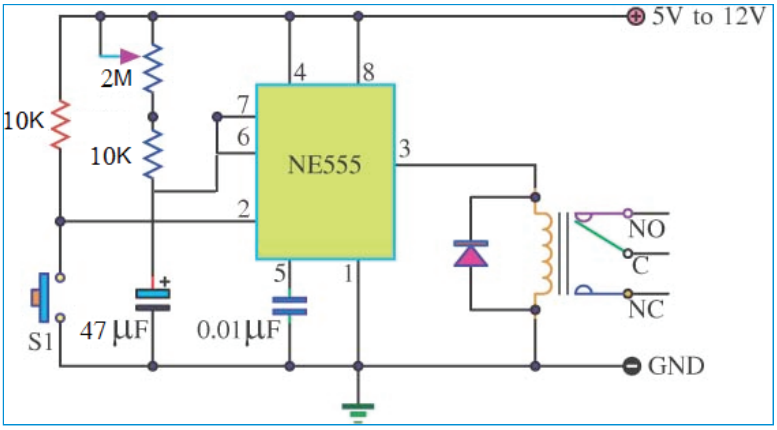
$$T_{ON} = t = 1.1\ R_1 C_1$$

حيث: - T_{ON}: الزمن بالثواني

- R_1: قيمة المقاومة بالأوم

- C_1: السعة بالفاراد

ويُبيِّن الشكل (3) دارة التحكُّم لتشغيل الرقاقة 555 كتايمر درج ، حيث يمثل الضاغط (s1) ضاغط التشغيل.

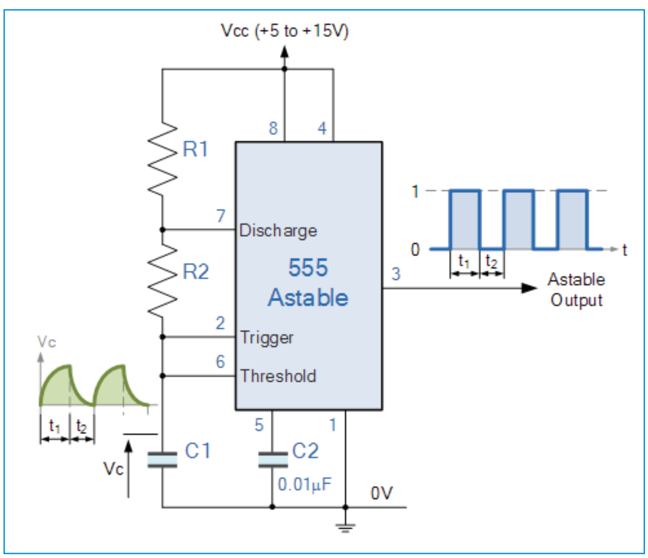


الشكل (3): دارة التحكُّم لتايمر درج باستخدام الرقاقة 555

نشاط (2):

ارسم الدارة الكاملة للمؤقت في الشكل (3) آخذا بعين الاعتبار تشغيل الدارة من مصدر 220V مع إضافة مفاتيح أخرى للطوابق المختلفة، وقم بتركيب الدارة وتشغيلها.

2. مذبذب غير مستقر (Astable Multivibrator): لا يوجد لهذه الدارة أي حالة مستقرَّة، حيث تتذبذب حالة المخرج باستمرار بين حالتي تشغيل من دون وجود أي مؤثر خارجي. وفي حالة المذبذب غير المستقر باستخدام الرقاقة 555 فإنّ مخرج الرقاقة يتذبذب بين حالتي الجهد العالي والجهد المنخفض. يُبيِّن الشكل (4) مخطّطا لهذا المذبذب وشكل الموجة الخارجة.



الشكل (4): مخطّط مذبذب غير مستقر باستخدام الرقاقة 555

ويتحدّد زمن كُلّ من حالتي الجهد العالي $T_{ON} = t_1$ والجهد المنخفض $T_{OFF} = t_2$ بالعلاقات الآتية:

$$T_{ON} = 0.693\ (R_1 + R_2)\ C_1$$

$$T_{OFF} = 0.693\ R_2\ C_1$$

أما زمن الموجة الكاملة $T = T_{ON} + T_{OFF}$

$$T = 0.693\ (R_1 + 2R_2)\ C_1$$

أما تردّد الموجة الخارجه فيساوي = $f = 1/T$

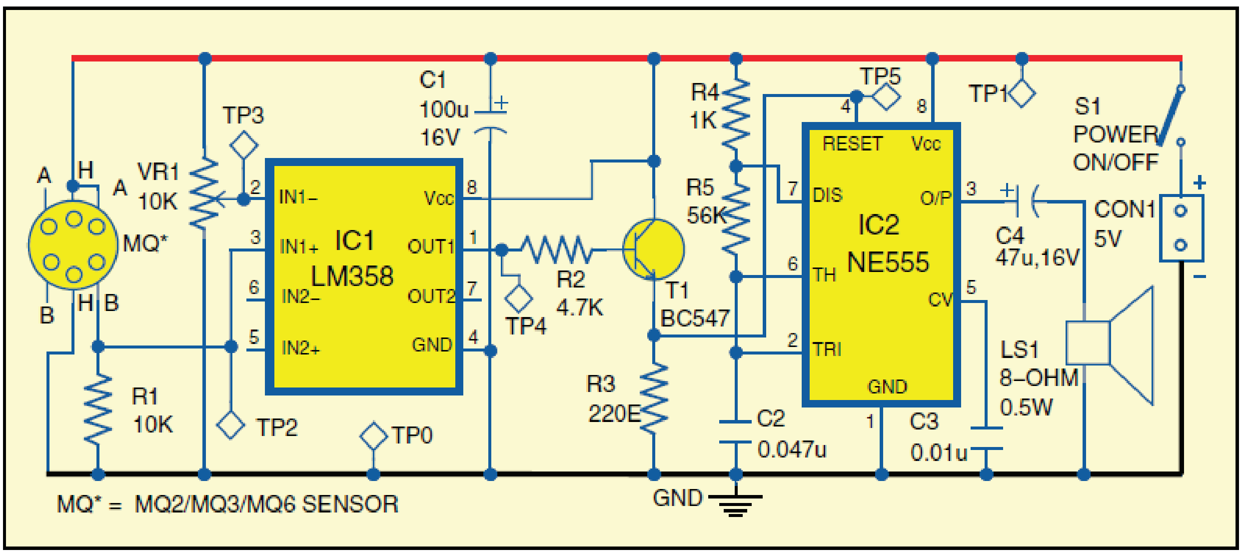
حيث: - T_{OFF} ، T ، T_{ON}: الزمن بالثواني

- R_2 ،R_1: قيمة المقاومة بالاوم

- C_1: السعة بالفاراد

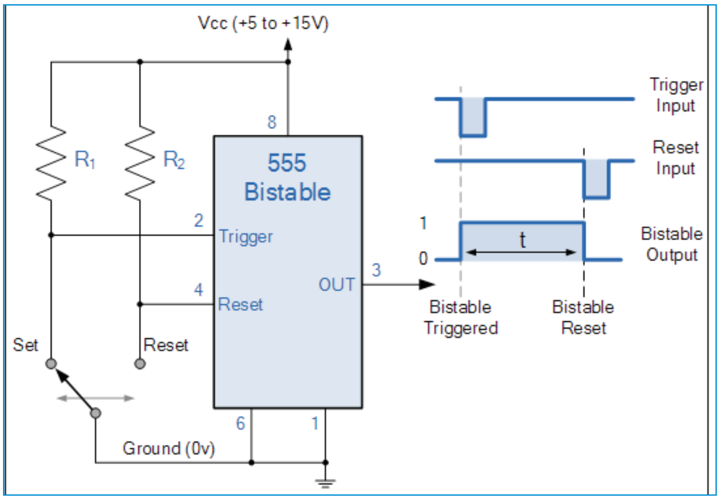
- f: التردّد بالهيرتز

ويُبيِّن الشكل (5) دارة إنذار من تسرب الغاز تعطي إنذاراً صوتيّاً، حيث تمَّ توصيل مخرج دارة الإنذار من تسرب الغاز لتشغيل مذبذب غير مستقر باستخدام الرقاقة 555 موصول مع سماعة لتعطي صوت الإنذار.



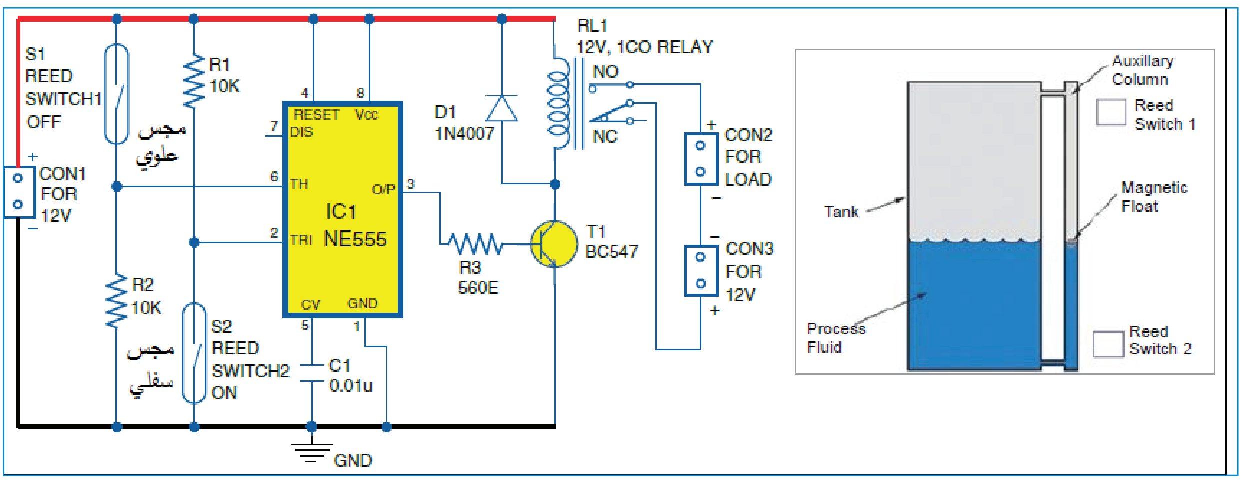
الشكل (5): دارة إنذار من تسرب الغاز مع إنذار صوتي باستخدام الرقاقة 555

3. مذبذب ثنائيّ الاستقرار (Bistable Multivibrator): لهذه الدارة حالتا استقرار، في إحداهما يكون مخرج الرقاقة في حالة الجهد العالي، وفي الحالة الثانية في حالة الجهد المنخفض. يُبيِّن الشكل (6) مخطّطا لهذا المذبذب، وشكل إشارات الدخل والخرج. عند انخفاض الجهد على الطرف 2 (مدخل القدح) إلى أقلّ من ثلث جهد المصدر يتحوَّل مخرج الدارة عند الطرف 3 نحو الجهد العالي. أما عند انخفاض الجهد على الطرف 4 (مدخل التصفير) إلى أقلّ من 0.7V فيتحوَّل مخرج الدارة عند الطرف 3 إلى حالة الجهد المنخفض.



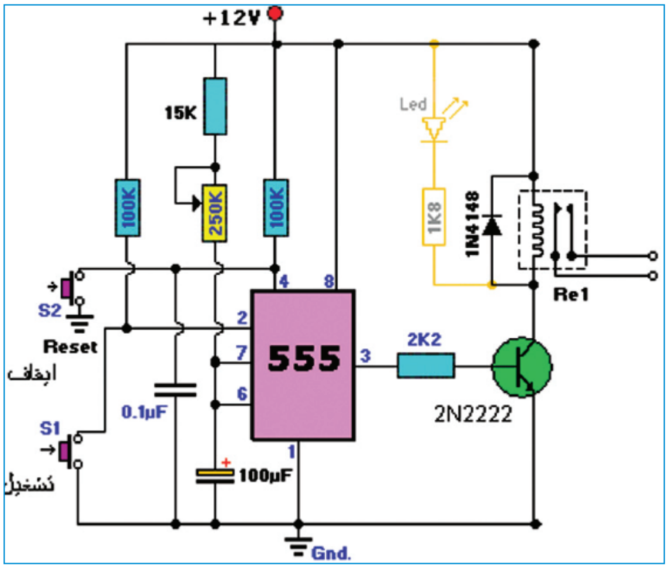
الشكل (6): مخطّط مذبذب ثنائيّ الاستقرار باستخدام الرقاقة 555

ويُبيِّن الشكل (7) دارة للتحكم بتعبئة خزان الماء في آلة صناعيّة، حيث يتمّ توصيل دارة الرقاقة 555 كمذبذب ثنائيّ الاستقرار ، حيث يقوم مِجَسّ الماء السفليّ عند تفعيله بإعطاء الإشارة اللحظيّة لتشغيل مِضخَّة الماء ، وعندما يصل مستوى الماء إلى المستوى العلويّ يقوم مِجَسّ الماء العلويّ بإعطاء إشارة الإطفاء لمِضخَّة الماء.



الشكل (7): دارة للتحكم بتعبئة خزان الماء في آلة صناعيّة

ويُبيِّن الشكل (8) دارة للتحكم بتشغيل حمل وإطفائه (مكبس) في آلة صناعيّة، مع إمكانية ضبط زمن التشغيل حسب المطلوب. عند الضغط على ضاغط التشغيل يعمل المرحِّل، ويتم تشغيل الحمل، ويبقى الحمل يعمل خلال الزمن المضبوط بواسطة المقاومة المتغيِّرة 250KΩ والمواسع 100µF ثمّ يتوقف عن التوصيل. وتعطي الدارة الإمكانية للمشغل لإطفاء الحمل في أي لحظة في حال ملاحظة وجود أي خلل في العمليّة الصناعيّة خلال فترة التشغيل، وذلك عن طريق الضغط على ضاغط الإيقاف.



الشكل (8): دارة للتحكم بالتشغيل والإطفاء مع إمكانية ضبط زمن التشغيل

نشاط (3):

وصّل الدارات الإلكترونيّة في الأشكال 5، 7، 8 وتأكّد من عملها.

7-2 الموقف التعليميّ التعلّمي: صيانة دارة التغذية المفتاحيّة.

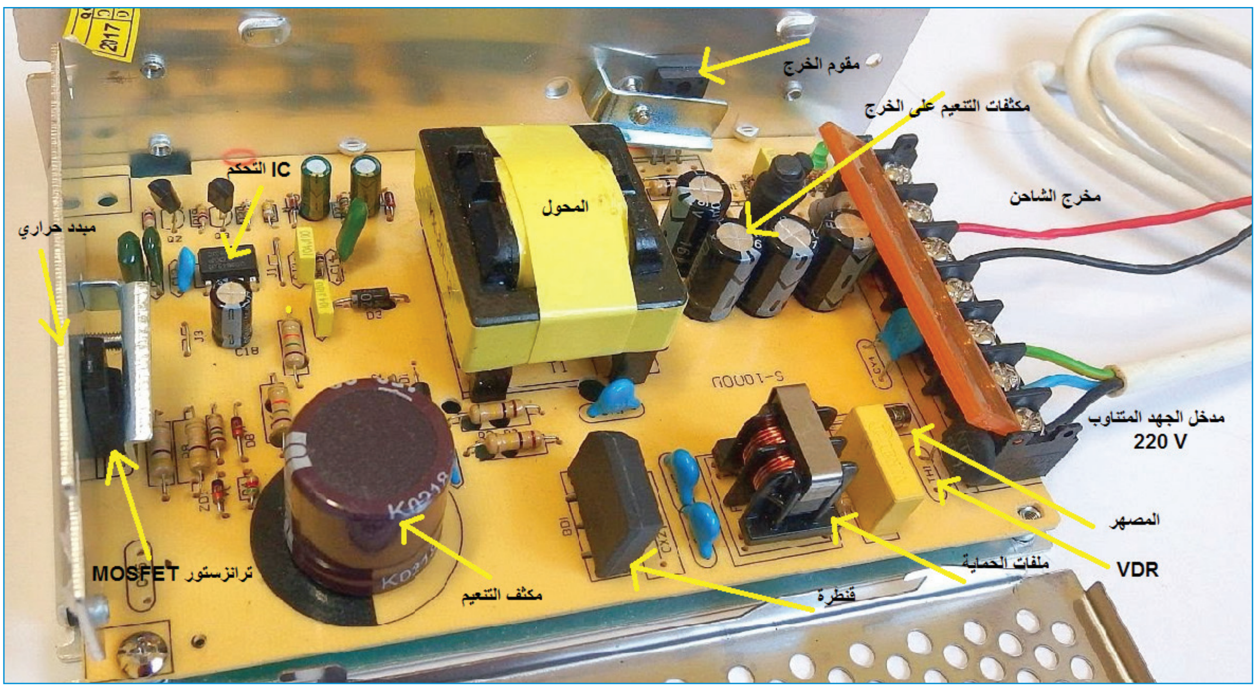
وصف الموقف التعليميّ:

(أحضر زبون جهاز شاحن بطارية 12 فولت، يستخدمه لشحن بطارية عربة معاق إلى مشغل الإلكترونيّات الصناعيّة، وقد توقف عن العمل، وطلب فحص الشاحن وتشغيله، والتأكّد من عمله).

العمل الكامل			
خطوات العمل	وصف الموقف الصفي	المنهجيّة (إستراتيجيّة التعلّم)	الموارد حسب الموقف التعليميّ
أجمع البيانات، وأحللها	• أجمع البيانات من الزبون حول طلبه من حيث: - جهد الخرج للمحول. - جهد البطارية وقدرتها. - هل تمَّ صيانته سابقاً. - هل الخلل يتكرَّر أم أنه حدث فجأة؟ - هل أصدر رائحة كريهة؟ • أجمع البيانات عن: - المحولات الإلكترونيّة. - دارات التغذية المفتاحيّة. - المواصفات الفنّيّة لدارات التغذية المفتاحيّة. - مكوّنات دارات التغذية المفتاحيّة. - أعطال دارات التغذية المفتاحيّة. - مقارنة بين المنظّمات المفتاحيّة والمنظّمات الخطّيّة.	• الحوار والمناقشة. • البحث العلميّ. • العمل التعاوني.	• وثائق: طلب الزبون الكتابي (وصف المهمّة، كتاب رسمي). • كتالوجات ودليل الشركات المصنعة وكتب المكافئات للعناصر المتنوعة. • مخطّطات الدارات الكهربائيّة المتعلّقة بدارات شحن البطاريات • الكتب العلميّة ذات العلاقة. • التكنولوجيا: الشبكة العنكبوتية (الإنترنت) والمواقع العلميّة الموثوقة (المحكّمة).
أخطّط، وأقرّر	• أصنّف البيانات الّتي تمَّ جمعها حول (أنواع الشواحن، وقدرة الشواحن الكهربائيّة، وأعطالها، ومخطّط الشاحن) . • تحديد خطوات العمل: - أتتبع المخطّط الإلكترونيّ المتعلّق بدارة الشاحن. - أحدِّد أعطالها ومواصفاتها الفنّيّة.	• العصف الذّهنيّ (استمطار الأفكار حول المكبّرات). • المناقشة والحوار. • التعلّم التعاوني (العمل ضمن فريق).	• نماذج جمع البيانات (كتالوجات، وصور، وبيانات تمَّ جمعها...) • نموذج جدولة وقت تنفيذ المهام (الخطة). • طلب الزبون. • الشبكة العنكبوتية. • الكتب العلميّة ذات العلاقة.

	- أُعِدّ جدولاً بالبدائل المقترحة لاستبدال القطع التالفة ومواصفاتها وجدوى الاستبدال. - أحدِّد الأدوات والعِدَد والأجهزة اللازمة. - أُعد خطة لتنفيذ العمل تتضمن زمن المهمّة والوقت المقدّر.		• برامج رسم الدارات المحوسبة. • القرطاسيَّة اللازمة.
أُنفِّذ	• أراعي قواعد الأمن والسلامة العامة، وأنتبه إلى: - الجهد الَّذي يعمل عليه الشاحن. - حرارة كاوي اللحام عند لحام العناصر الإلكترونيّة. - عدم لمس الدارة دون عازل أثناء توصيلها بالمصدر الكهربائيّ. • أتتبع مخطّط دارة الشاحن. • أفحص مكوِّناته باستخدام أجهزة القياس، وأحدِّد الخلل، وأقوم باستبدال القطع التالفة. • أشغِّل الشاحن، وأقوم بقياس جهد الخرج والتأكّد من عمله. • أحضر مجموعة من اللوحات الكهربائيّة التالفة، وأفكّ دارة التغذية عنها، وأحدِّد مكوِّناتها.	• العمل التعاوني. • البحث العلميّ. • حلّ المشكلات.	• شاحن 12 فولت. • لوحات تالفة ذات علاقة. • الأجهزة والعِدَد الخاصَّة بالفحص والتركيب والصيانة. • لوحات إلكترونيّة تحتوي دارات تغذية مفتاحية. • أجهزة الفحص والقياس. • جهاز راسم الإشارة. • كاوي لحام مع قاعدة. • قصدير. • شفاط لحام. • شريط إزالة اللحام (الشيلد). • أسلاك توصيل. • عرّاية أسلاك. • قطّاعة أسلاك. • القرطاسيَّة.
أتحقّق	• أراعي قواعد الأمن والسلامة العامة، وأتنبَّه إلى قيمة مصدر الجهد قبل التشغيل وتوصيله مع دارة الشاحن. • أتحقَّق من القطع الَّتي تمَّ استبدالها في دارة الشاحن حسب المخطّط. • أتأكّد من مواصفات القطع والبدائل لها. • أشغِّل دارة الشاحن، وأتأكّد من عملها. • أتأكّد من الوثائق والنماذج الَّتي تمَّ تعبئتها خلال أداء المهمّة. • أُعيد العِدَد والأدوات المستخدمة لمكانها، وأُنظِّف موقع العمل.	• العصف الذِّهنيّ. • عمل المجموعات. • لعب الأدوار. • الحوار والمناقشة.	• طلب الزبون. • الوثائق والتقارير. • المواصفات الفنِّيَّة. • المخطّطات الإلكترونيّة. • القرطاسيَّة. • أجهزة القياس. والفحص الإلكترونيّة. • برامج المكافئات المحوسبة.

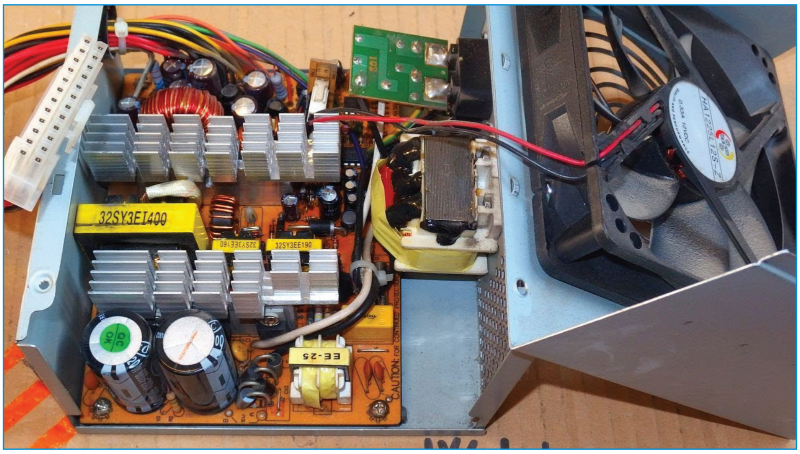
أوثّق، وأعرض	• أوثق نتائج جمع البيانات حول: - نوع الشاحن وطبيعة الأعطال. - أنواع الشواحن ومخطّطاتها وطرق فحصها. - أعطال الشواحن. - أجهزة القياس المستخدمة. - أسباب الأعطال. • أنشئ مِلفّاً لهذه الحالة. • أجهّز تقريراً فنّيّاً للزبون. • أُعِدّ تقريراً كاملا بالعمل.	• الحوار والمناقشة. • عرض النتائج مستخدما برنامج البوربوينت، أو أي برنامج مناسب بمنهجية لعب الأدوار.	• جهاز العرض (LCD). • جهاز الحاسوب. • برامج رسم الدارات الكهربائيّة وتتبعها. • نماذج عمليّة. • قرطاسيَّة.
أقوّم	• أقارن بين عمل الشاحن قبل الصيانة وبعد إجرائها. • أقيّم عمليّة استبدال القطع التالفة بأخرى سليمة. • أقيم عمل الشاحن أثناء شحن البطارية • أعبِّئ نموذج التقييم.	• النقاش الجماعيّ. • البحث العلميّ.	• طلب الزبون. • المواصفات والكتالوجات. • المخطّطات الفنّيَّة. • الكتب العلميّة ذات العلاقة. • ورقة / نموذج العمل الخاص بالتقييم. • برامج رسم الدارات الكهربائيّة المحوسبة. • القرطاسيَّة.



الشكل (1): دارة شاحن 12 فولت

تمرين إضافي (1):

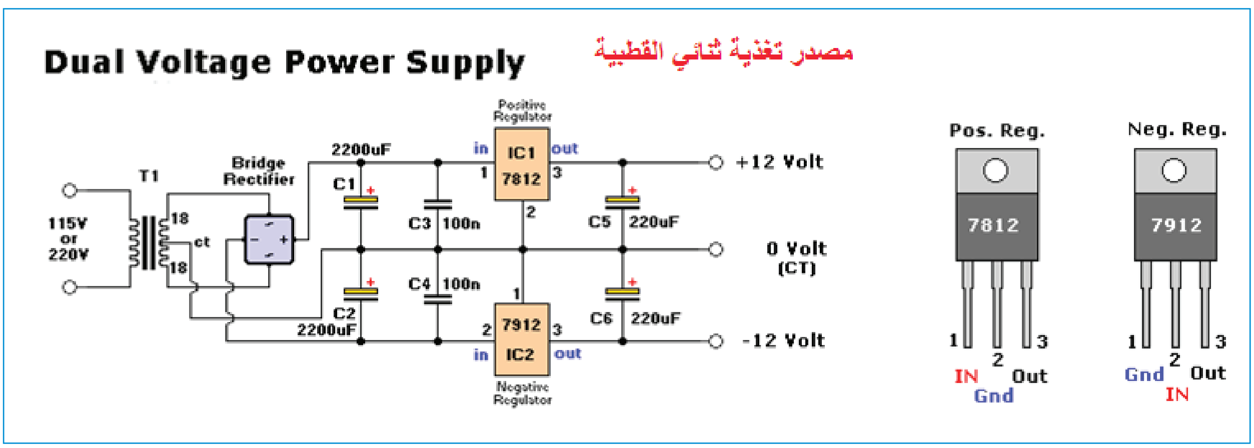
يُبيِّن الشكل (2) دارة مصدر تغذية لجهاز حاسوب، افتح الغطاء الخارجي لمصدر تغذية مماثل له متوفّر لديك، وحدِّد عناصر دارة التغذية المفتاحيّة وجهود الخرج للمصدر.



شكل (2): دارة مصدر تغذية لجهاز حاسوب

تمرين إضافي (2):

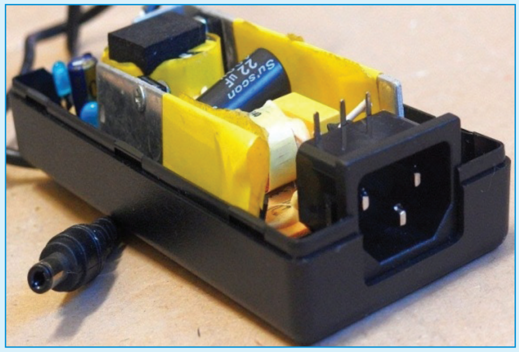
يبين الشكل التالي مصدر تغذية ثابت القيمة يعطي 12 فولت موجب، و12 فولت سالب باستخدام الدارة المتكاملة 7812 و7912 قم بتوصيل الدارة، وتحقَّق من عملها:

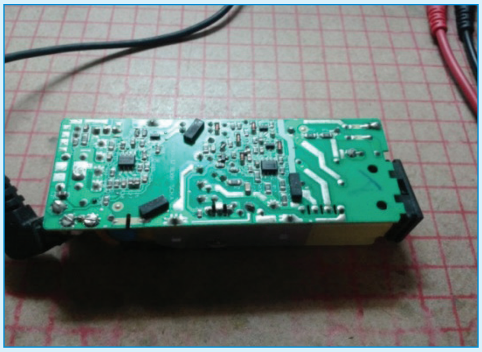


الأسئلة:

1. عدِّد عناصر ومكوِّنات دارة التغذية المفتاحيّة الرئيسيّة.
2. إذا كان لديك دارة تغذية متعطّلة لا تعمل نهائيّاً ما أسباب العطل المحتملة؟
3. ما فائدة وجود المبدّدات الحراريَّة في دوائر مصادر التغذية وغيرها؟
4. أحضر شاحن جهاز حاسوب محمول، وقم بفكّ الغطاء الخارجي كما يُبيِّن الشكل (3)، وقم بقياس الجهد على:

أ- المدخل (A. C)　　ب- مكثِّف التنعيم　　ج- على المخرج





الشكل (3): شاحن جهاز حاسوب محمول

أتعلم: صيانة دارة التغذية المفتاحيّة (Switching mode power supply SMPS)

نشاط (1):

كيف تعمل دائرة التغذية المفتاحية عندما يكون جهد الدخل متناوباً ما بين (85V - 265V) لإعطاء المخرج جهداً مباشراً (D.C) 12 فولت ثابت القيمة.

تستخدم الأجهزة الإلكترونيّة منظمات الجهد، وذلك لعمل الترانزستورات والدوائر الرقمية والمتحكّمات.

تنظيم الفولتية: هو الحفاظ على خرج جهد ثابت للدارة مع تغير الحمل. ويوجد عِدَّة أنواع من منظمات الجهد، وتصنف حسب طريقة تنظيم الجهد، ومنها:

أ- المنظّمات ثابتة القيمة:

مر معك في الوحدة الثالثة المنظّمات الَّتي تستخدم ثنائيّ الزينر، والمنظّمات ذات الثلاثة أطراف مثل المنظم الموجب، وتكون البادئة له **(78 --)** والمنظم السالب للجهد، وتكون البادئة له **(79 --)**. **ومن ميزاتها:**

1. سهولة الاستخدام.
2. يوجد بها نظام حماية ضد ارتفاع الحرارة وارتفاع التيّار.
3. رخيصة الثمن.
4. ومن مساوئها:
5. لا يمكن ضبط قيمة الخرج بشكل دقيق.
6. متوفّرة لقيم محدودة من فولتية الخرج وقيم التيّار.
7. الحصول على تيّار أعلى في غاية الصعوبة بالمقارنة مع الأنواع الأخرى من المنظّمات.

ب- المنظّمات الخطِّيَّة:

المنظّمات الخطِّيَّة تستخدم في التطبيقات الخافضة للفولتية، وتقوم بتشغيل ترانزستور في المنطقة الخطِّيَّة، والترانزستور هو عنصر التحكُّم في المنظّم، **ومن ميزاته:**

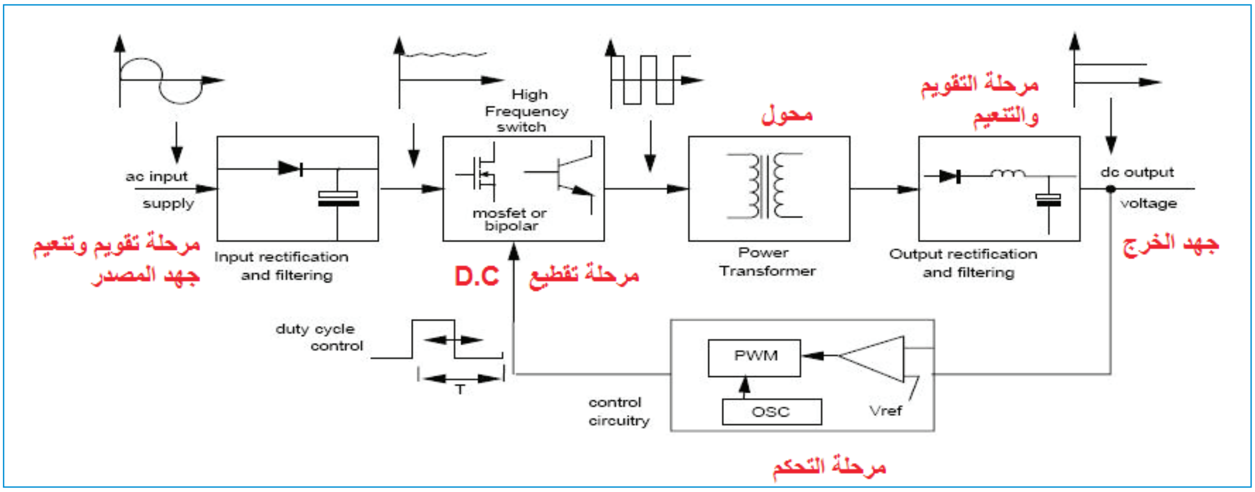
1. رخص الثمن.
2. بساطة التركيب.
3. بحاجة إلى مجموعة قليلة من العناصر الأخرى مع المنظم.
4. يعدّ المنظم الخطّيّ من دون ضجيج، لأنه لا يستخدم دارات تقطيع كما هو مستخدم في المنظّمات المفتاحيّة.

ومن مساوئها:

1. ضياع في القدرة المبدّدة داخل الترانزستور.
2. تكلفة المبدّدات الحراريَّة اللازمة لتبديد الحرارة نتيجة القدرة المبددة داخل الترانزستور، وخاصة في حالات القدرة العالية.
3. أقل فاعليّة من المنظّمات المفتاحيّة.

ج- المنظّمات المفتاحيّة:

تعمل المنظّمات المفتاحيّة على توليد تيّار متناوب عن طريق تقطيع التيّار المباشر، ومن ثمّ رفع الفولتية أو خفضها عن طريق محول، وبعد ذلك يتمّ تحويلها إلى تيّار مباشر وتنظيمها وتنعيمها، ويُبيِّن الشكل (4) المخطّط الصندوقي الوظيفيّ للمنظم المفتاحيّ، وتستخدم المنظّمات المفتاحيّة في التطبيقات الَّتي يكون فيها فرق كبير بين فولطية الدخل والخرج، أو عند الحاجة إلى تيّار عالٍ.



الشكل (4): المخطّط الصندوقي الوظيفيّ لدائرة التغذية المفتاحيّة.

تتكوّن دائرة التغذية المفتاحيّة من المراحل الرئيسيّة الآتية:

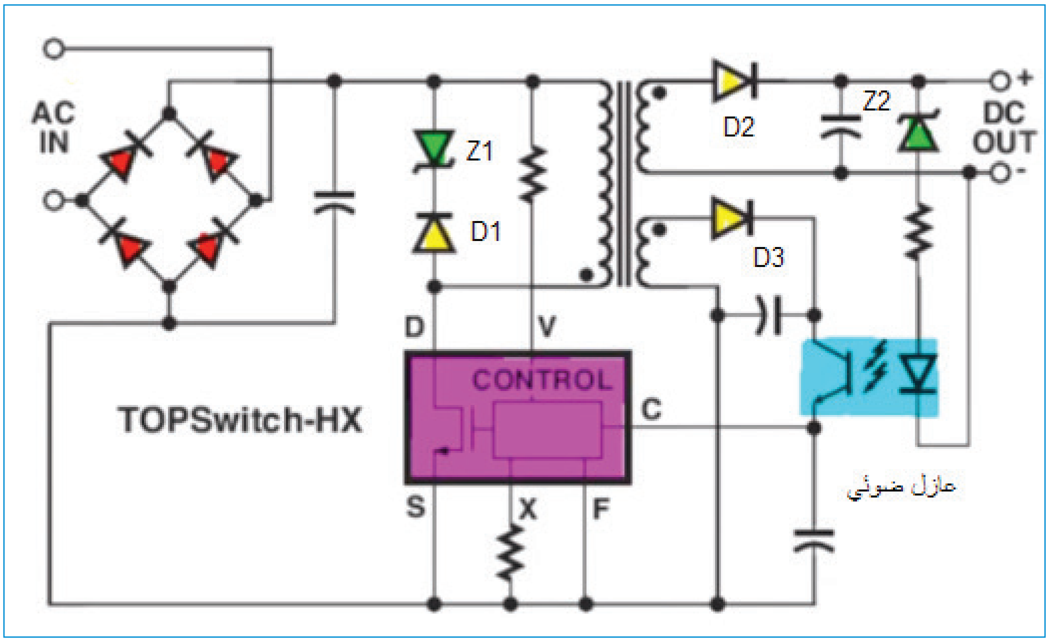
1. **مرحلة تقويم جهد المصدر وتنعيمه:** حيث تعمل هذه المرحلة على تقويم جهد المصدر المتناوب وتنعيمه (220 فولت) إلى جهد مباشر في حدود (300 فولت).
2. **مرحلة تحويل الجهد المباشر إلى متناوب (مرحلة التقطيع):** تعمل مرحلة التحكُّم على إعطاء نبضة للترانزستور (ثنائيّ القطبيّة أو ترانزستور تأثير المجال أكسيد المعدن (MOSFET) بتردّد معين كما يُبيِّن الشكل، وذلك لعمل الترانزستور في مرحلة القطع والتشبع (ON/OFF) لتقطيع إشارة D.C وتحويلها إلى A.C لعمل المحول.
3. **المحول:** هو عبارة عن محول رفع أو خفض للجهد، وتجزئة الجهد حسب التصميم.
4. **مرحلة المخرج:** حيث تحتوي على ثنائيّات لتقويم الجهد على مخرج الملف الثانوي للمحول ومكثِّفات لتنعيم الجهد.
5. **التغذية الراجعة:** يوجد تغذية راجعة بين المخرج والمدخل؛ وذلك لتنظيم الجهد، وتثبيته على جهد ثابت القيمة حسب المطلوب.

ميزات دائرة التغذية المفتاحيّة:

1. كفاءة عالية لأن تبديد القدرة في الترانزستورات المفتاحيّة قليل.
2. انخفاض الحرارة بسبب الكفاءة العالية.
3. صغر الحجم.
4. خفة الوزن.

دائرة التغذية المفتاحيّة للشاحن

يُبيِّن الشكل (5) المخطّط التمثيلي لدائرة التغذية المفتاحيّة لشاحن كهربائيّ.



الشكل (5): المخطّط التمثيلي لدائرة التغذية المفتاحيّة لشاحن

مبدأ العمل:

تحتوي الدائرة على الدارة المتكاملة (IC) للتحكم وبداخلها أيضاً ترانزستور (MOSFET)، قنطرة للتقويم، عازل ضوئي ومحول بالإضافة إلى مجموعة من المقاومات والثنائيّات، **وفيما يلي توضيح مبدأ عملها:** تعمل القنطرة على تقويم جهد المصدر (85V-265V) المتناوب وتنعيمه باستخدام المكثِّف فيمر في المحول جهد مباشر بحدود 300 فولت ومن ثمّ يدخل إلى الدارة المتكاملة (IC) للتحكم الَّتي تحتوي على ترانزستور التقطيع (MOSFET) ومذبذب، يعمل المذبذب على توليد نبضة بتردّد معين يتحكم بعمل الترانزستور بين القطع والتشبع وتحويل الجهد المستمرّ إلى متناوب وذلك لعمل المحول، فيتولّد جهد على الملف الثانوي للمحول ويقوم الثنائيّ D2 بتقويم الجهد وتنعيمه من خلال المكثِّف.

يوجد تغذية راجعة (Feed back)عن طريق الزنر Z2 والعازل الضوئي (Opt coupler) المتصل مع (IC) التحكُّم الَّتي تتغذى عن طريق الثنائيّ D3. الطرف V في الرقاقة يعمل على تحسس ارتفاع أو انخفاض الجهد في الدائرة؛ وبالتالي التحكُّم في عمل الترانزستور لتثبيت الجهد، الطرف X يعمل على تحسس التيّار في الدائرة وتثبيته، الطرف F يعمل على تحسس التردّد وتثبيته على قيمة معينة حسب التصميم.

الطرف S هو طرف الترانزستور Source، والطرف D هو طرف الترانزستور Drain، أما البوابة فموصولة داخل الرقاقة مع المذبذب.

وتحتوي الدائرة أيضاً على دارة إخماد مكونة من الثنائيّ D1 وثنائيّ الزنر Z1؛ وذلك بهدف حماية الترانزستور (MOSFET) من التلف من الجهد المرتد من ملفّات المحول أثناء عمليّة الوصل والفصل حيث يمر الجهد المرتد بالثنائيّ بدل الترانزستور.

وفي بعض الدارات يكون هناك الترانزستور (MOSFET) منفصلاً عن دائرة التحكُّم، ويكون مثبّتاً على مبدد حراري، ولكن لا تختلف من حيث العمل.

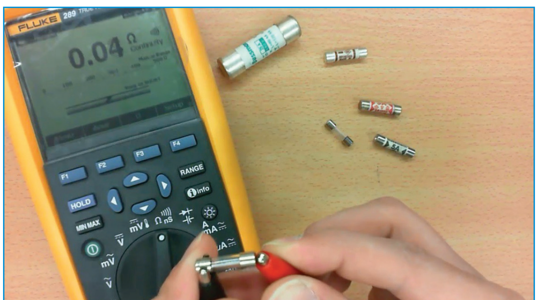
أُفكِّر: لماذا في دوائر التغذية المفتاحية يوجد عزل بين عناصر الدارة ذات الجهد المرتفع والمخرج، ويتم الربط بينهما عن طريق المحول والعازل الضوئي.

كيفيّة فحص العناصر الإلكترونيّة وتحديد صلاحيتها في الدوائر الإلكترونيّة

ملاحظة:
عند فحص العناصر الإلكترونية يجب فك العنصر المراد فحصه عن اللوحة الإلكترونية؛ حتى يعطي قيماً صحيحة عند الفحص.

1. المصهر (Fuse):

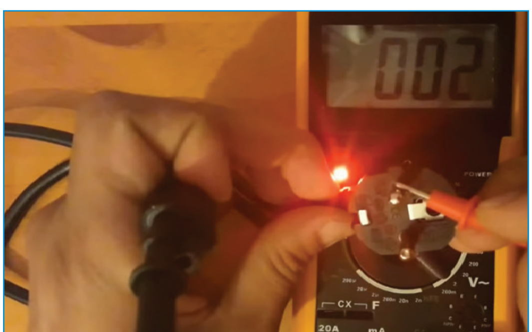
يتم تحديد صلاحية المصهر من خلال ساعة الأفوميتر، ووضع المؤشر للساعة على وضع فحص الموصليَّة أو المقاومة، فإذا كانت المقاومة قليلة جدّاً تقترب من الصفر يكون المصهر صالحاً، وإذا كانت المقاومة عالية يكون تالفاً، كما يُبيِّن الشكل (6).



الشكل (6): طريقة فحص المصهر

2. فحص الأسلاك والكوابل والفصل في الخطوط النحاسية في اللوحات المطبوعة:

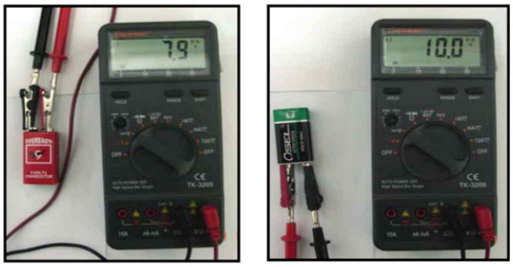
يتم فحص الأسلاك والكوابل باستخدام جهاز الأفوميتر على تدريج الأوم أو الموصليَّة، فالموصل الجيِّد يعطي مقاومة صفر تقريباً، وغير ذلك يكون فصل في الخطوط أو الكوابل كما يُبيِّن الشكل (7).



الشكل (7): طريقة فحص موصليَّة الكوابل

3. فحص البطاريات (Battery):

يتم ضبط جهاز الأفوميتر على وضع قياس الجهد المستمرّ (DC) فإذا كان الجهد أعلى من الجهد الاسمي بقليل تكون سليمة واذا كانت أقلّ تكون تالفة كما يُبيِّن الشكل (8) طريقة فحص بطارية 9V.



الشكل (8): طريقة فحص البطارية

4. فحص المحول:

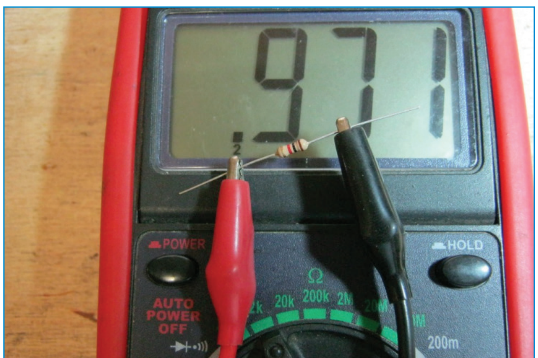
يتم ضبط جهاز الأفوميتر على تدريج الأوم وقياس المقاومة للملف الابتدائي والثانوي مع العلم أن مقاومة الملف الابتدائي للمحول الخافض للجهد أكبر من الملف الثانوي وإذا كانت المقاومة عالية جدّاً فيكون تالف كما يُبيِّن الشكل (9).



الشكل (9): طريقة فحص المحول

5. فحص المقاومة الكربونية:

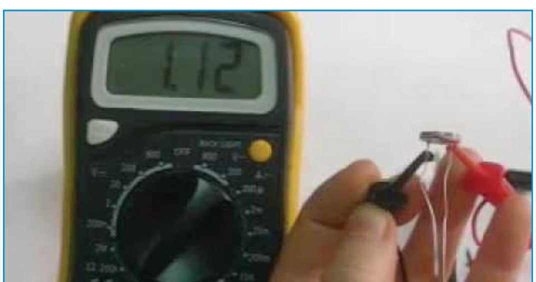
يتم فحص المقاومة الكربونية باستخدام جهاز الأفوميتر ووضعه على تدريج الأوم وقياس المقاومة يجب أن تكون قريبة جدّاً من قيمتها مع مراعاة نسبة السماح في قياس المقاومة، فإذا كانت المقاومة عالية جدّاً تكون تالفة (ما لا نهاية) كما يُبيِّن الشكل (10)، وأحياناً يُبيِّن حرق المقاومة بالمشاهدة نتيجة مرور تيّار عالٍ خلالها.



الشكل (10): طريقة قياس المقاومة الكربونية

6. فحص المقاومة الضوئية (LDR):

يتم فحص المقاومة الضوئية على تدريج الأوم باستخدام جهاز الأوميتر وتعريضها للضوء، فإذا قلت قيمتها تكون سليمة، وإذا بقيت ثابتة مع زيادة شدة الإضاءة تكون تالفة، ويُبيِّن الشكل (11) طريقة فحص صلاحيتها.



الشكل (11): طريقة فحص المقاومة الضوئية

7. فحص الثنائيّ (Diode):

يتم فحص الثنائيّ باستخدام جهاز الأفوميتر، ووضع المؤشر على فحص الثنائيّ، وقياس جهد الحاجز في حالة الانحياز الأماميّ والعكسيّ، وذلك عن طريق وضع السلك الأحمر لجهاز القياس على المصعد، والسلك الأسود على المهبط لقياس جهد الحاجز الأماميّ ما بين (0.5V - 0.7V) للثنائيّ المصنوع من السليكون و(0.2V - 0.3V) للثنائيّ المصنوع من الجرمانيوم، وعند عكس الأقطاب يعطي (O.L) يكون الثنائيّ سليماً، أما إذا أعطى صفر فولت أو (O.L) في كلا الاتّجاهين فيكون تالفاً، كما يُبيِّن الشكل (12).



الشكل (13): طريقة تحديد صلاحية الثنائيّ

8. فحص الترانزستور:

يتم فحص الترانزستور في خطوات كما مر معك في الوحدة الرابعة.

تنبيه:

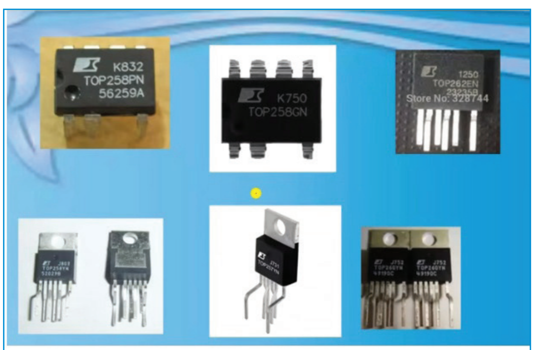
عند استبدال أي عنصر إلكتروني تالف يجب استبداله بنفس المواصفات الأصلية، أو ما يكافئها تماماً.

9. فحص الملفّات (Coils):

يستخدم في تحديد صلاحية الملفّات جهاز الأفوميتر، ووضعه على تدريج الأوم، وقياس المقاومة على طرفي الملف، فإذا كانت قليلة يكون سليماً وإذا كانت عالية جدّاً (O.L) يكون تالفاً.

صيانة دائرة التغذية المفتاحيّة

تستخدم دائرة التغذية المفتاحيّة في العديد من الأجهزة الكهربائيّة مثل تلفزيونات (LCD)، والرسيفرات، والشواحن بجميع أنواعها، والآلات الطابعة، ومصادر التغذية لأجهزة الحاسوب وغيرها. وتتشابه جمعها من حيث العمل، وتختلف من حيث نوع (IC) في التحكُّم، كما يبين الشكل (13) بعض أشكالها وجهود المخرج لكلّ جهاز.



الشكل (13): بعض أنواع وأشكال (IC) التحكُّم المفتاحيّة

أعطال دائرة التغذية المفتاحيّة لشاحن وكيفيّة صيانتها:

• الأعطال الظاهرية:

يوجد أعطال ظاهرية يمكن تحديدها من خلال النظر على العناصر الإلكترونيّة، وملاحظة وجود حرق، أو تلف احدي العناصر، أو وجود انتفاخ في المكثِّفات كما يُبيِّن الشكل (15) ففي هذه الحالة يجب تغيير العناصر التالفة بنفس المواصفات، وأحياناً يكون فصل في أحادي نقاط اللحام، يجب إجراء الفحص الظاهري أولا.



الشكل (14): ملاحظة العناصر التالفة بالفحص الظاهري

• لا يوجد جهد على المخرج:

يُبيِّن المخطّط الآتي خطوات الاستدلال على العطل:

افحص الجهد على مكثف التنعيم

- **لا يوجد جهد** ← افحص المصهر
  - **تالف**: افحص وجود قصر في القنطرة ومكثف التنعيم، افحص ترانزستور التقطيع والثنائيات في الدارة، واستبدل التالف منها.
  - **غير تالف**: افحص مصدر التغذية المتناوب ومقاومة (VDR)، وتتبع خط التغذية وملاحظة وجود فصل على الخط أو اللوحة
- **يوجد 300 فولت**: افحص وجود فصل في ترانزستور التقطيع، وكذلك دارة التحكم والعازل الضوئي، وافحص ثنائيات التقويم على الخرج

• **الجهد على المخرج أقلّ من المطلوب:** افحص مكثِّفات التنعيم، واستبدل التالف.

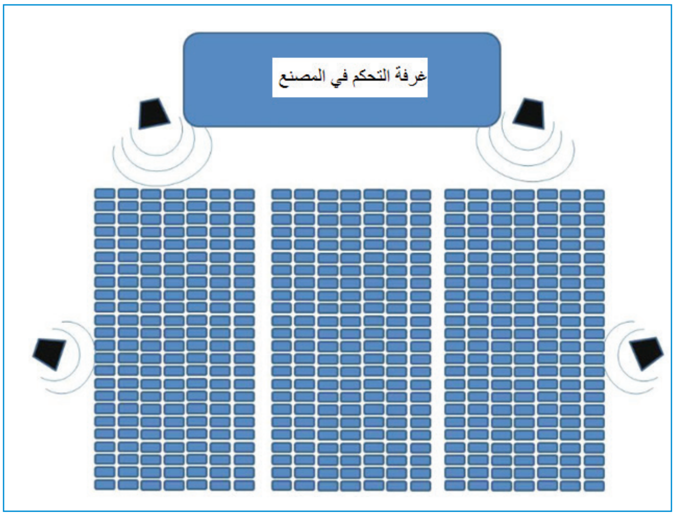
7-3 الموقف التعليميّ التعلّمي: تركيب الأنظمة الصوتيَّة وصيانتها

وصف الموقف التعليميّ:

(طلب صاحب مصنع من قسم الصيانة في المصنع تركيب نظام صوتي للمصنع يحتوي على مكبّر صوتي وسماعات وميكرفونات).

العمل الكامل			
خطوات العمل	وصف الموقف الصفي	المنهجيّة (إستراتيجيّة التعلّم)	الموارد حسب الموقف التعليميّ
أجمعُ البيانات، وأحلّلها	• أجمع البيانات من صاحب المصنع حول طلبه من حيث: - مساحة المصنع. - نوع جهاز مضخّم الصوت. - قدرة مضخّم الصوت. - عدد السمّاعات. وممانعة السمّاعات وقدرتها. • أجمع البيانات عن: - المضخّم الصوتيّ. - مداخل ومخارج المضخّم الصوتيّ. - ممانعة الخرج للمضخّم الصوتيّ. - توصيل السمّاعات على التوالي والتوازي. - أعطال السمّاعات. - أنواع المايكروفونات. - العِدَد والأدوات اليدويّة والأجهزة المستخدمة.	• الحوار والمناقشة. • العمل التعاوني.	• وثائق: (طلب صاحب المصنع، ووصف المهمّة، وكتاب رسمي، وكتالوجات حول أنواع مضخّمات الصوت، وكتالوجات حول أنواع السمّاعات، كتالوجات حول أنواع المايكروفونات، وكتالوجات حول توصيل السمّاعات على التوالي والتوازي) • التكنولوجيا: الشبكة العنكبوتية (الإنترنت) والمواقع العلميّة الموثوقة (المحكّمة)، وأنماط بصرية، وفيديو وصور.
أُخطّط، وأُقرِّر	• أصنّف البيانات: (أنوع المكبّرات وقدرتها، وأنواع المايكروفونات، وأنواع السمّاعات، وطريقة توزيع السمّاعات في الصالة).	• العصف الذّهنيّ (استمطار الأفكار حول أنواع وقدرة المكبّرات).	• الوثائق: (كتالوجات، وصور، وبيانات تمَّ جمعها، ونماذج، ونموذج جدولة وقت التنفيذ).
	• تحديد خطوات العمل: - وضع مقترحات وبدائل لتوزيع السمّاعات داخل الصالة. - دراسة البدائل وتحديد طريقة توزيع السمّاعات - تحديد الأنسب من حيث (نوع المكبّر الصوتيّ المستخدم، عدد السمّاعات وطريقة توصيلها، وطريقة توجيهها). - إعداد جدول زمنيّ للتنفيذ.	• المناقشة والحوار. • التعلّم التعاوني (العمل ضمن فريق)	• الإنترنت (مواقع خاصة بتصميم وتوزيع الأنظمة الصوتيَّة ذات مصداقيَّة).

أنفذ	• رسم مسوّدات مخطّط توزيع السمّاعات داخل المصنع. • اختيار ثلاثة أجهزة صوتيّة لعرضها على صاحب المصنع. • الاتفاق مع مالك الصالة على المطلوب من حيث (نوع الجهاز، وقدرته، وعدد السمّاعات، وأماكن توزيعها) • إجراء التعديلات المطلوبة منه. • البدء بتركيب نظام الصوت داخل المصنع لتسليمه وفق الجدول الزمني. - تثبيت السمّاعات في أماكنها حسب المخطّط المرفق المبيّن بالشكل (1) أدناه. -تمديد أسلاك السمّاعات وسحبها لغرفة التحكُّم. - توصيل السمّاعات مع المكبّر الصوتيّ حسب ممانعتها وممانعة المكبّر. -توصيل المايكروفونات في مداخل الجهاز والأماكن المخصَّصة لذلك. - توصيل الجهاز بالمصدر الكهربائيّ. - تشغيل الجهاز، والتأكّد من عمله. - معايرة الصوت، وضبط مفاتيح الصدى والتنعيم وغيرها. - توصيل فلاشة مع الجهاز، والتأكّد من عمل المنفذ الصوتيّ.	• العمل التعاوني. • البحث العلميّ. • حل المشكلات.	• قرطاسية. • الوثائق (مخطّط توزيع السمّاعات داخل المصنع، وكتالوجات الأجهزة الصوتيّة وكتالوجات أنواع السمّاعات). • الأجهزة والعِدَد الخاصَّة بالفحص والتركيب والصيانة. • أجهزة القياس الإلكترونيّة. • جهاز مكبّر صوتي. • سماعات بقدرات مختلفة. • ميكرفونات (ديناميكيّ وسعوي). • أسلاك توصيل. • عرّاية أسلاك. • قطّاعة أسلاك.
أتحقّق	• أتحقَّق من اختيار الجهاز الصوتيّ حسب طلب الزبون. • أتحقَّق من تثبيت السمّاعات وتوجيهها حسب المخطّط. • أتحقَّق من تشغيل الجهاز ومعايرته.	• عمل المجموعات. • الحوار والمناقشة.	• طلب مالك صاحب المصنع. • الوثائق والتقارير. • المواصفات. المخطّطات.
أوثّق، وأعرض	• أوثّق أنواع المكبّرات. • أوثّق أنواع السمّاعات. وقدرتها. • أوثّق أنواع المايكروفونات وميزة كُلّ منها. • أشغِّل الجهاز الصوتيّ. • فتح ملفّ بالحالة وتوثيق البيانات والنتائج. • أجهّز تقريراً فنّيّاً لمالك الصالة. • أُعِدّ تقريراً كاملا بالعمل.	• الحوار والمناقشة. • عرض النتائج مستخدما برنامج البوربوينت أو أي برنامج مناسب بمنهجية لعب الأدوار.	• جهاز العرض (LCD). • جهاز الحاسوب. • نماذج عمليّة. • قرطاسيَّة.
أقوّم	• رضا المستثمر: موافقته على النظام الصوتيّ. • مطابقة النظام الصوتيّ للمواصفات والمعايير. • أقيّم جودة الصوت ووضوحه ونقاءه. • التأكّد من عمل المكبّر الصوتيّ وتشغيله. • أعبّئ نموذج التقييم.	• النقاش الجماعيّ. • البحث العلميّ	• نماذج التقويم. • طلب معلم الرياضيّات. • كتالوجات ونشرات للأنظمة الصوتيَّة. • المواصفات والكتالوجات. • المخطّطات الفنّيّة. • ورقة/نموذج العمل الخاصَّة بالتقييم.



الشكل (1): صورة تبيّن كيفيّة توجيه السمّاعات وتوزيعها

الأسئلة:

1. قم بزيارة صالة أفراح في منطقتك، ثمّ ارسم مخطّطا للصالة، مبيّناً توزيع السمّاعات وتوجيهها داخل الصالة.
2. أحضر جهاز تكبير صوتي، ثمّ حدد مداخل الجهاز ومخارجه، مبيننا قيمة ممانعة الخرج للسماعات.
3. جهاز تكبير صوتي ممانعة الخرج للسماعة (Ω4) هل يمكنه تشغيل سماعة مقاومتها (Ω8)؟ ولماذا؟
4. فك جهاز ميكرفون متوفّر لديك، ثمّ حدِّد مكوِّناته ونوعه. وارسمه على دفتر التدريب العمليّ مبيننا مكوِّناته على الرسم.

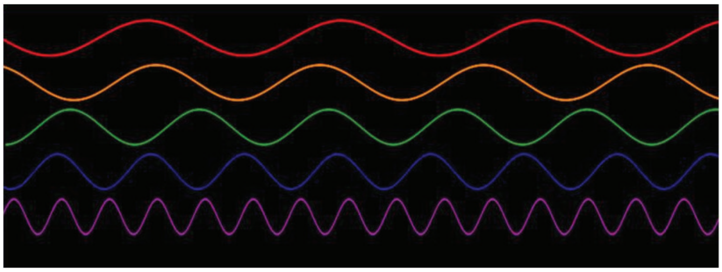
أتعلم: تركيب الأنظمة الصوتيّة وصيانتها

نشاط (1):

مضخّم صوتي (Amplifier) يحتوي على مخرج للسماعات (Ω4) ويتوفّر سماعتان مقاومة كُلّ منها (Ω8) كيف يتمّ توصيل السمّاعات معا لتتوافق ممانعتها مع ممانعة مخرج المضخّم الصوتيّ؟

الصوت

الصوت: هو عبارة عن موجات ميكانيكيّة تنتج عن تضاغطات وتخلخلات متعاقبة، وتنتقل من خلال المواد الصلبة والسائلة والغازيَّة، ويتراوح التردّد المسموع بالنسبة للإنسان ما بين (20HZ-20KHZ). يتكوَّن الصوت من طبقة عالية وطبقة منخفضة، فكلما زاد عدد الدورات بالثانية زاد التردّد وتسمى طبقة عالية، وكلما قل التردّد قل عدد الدورات بالثانية وتسمى طبقة منخفضة. ويقاس الصوت بوحدة الديسيبل، ويُبيِّن الشكل (2) موجات جيبيّة بتردّدات.



الشكل (2): موجات جيبيّة بتردّدات

الديسيبل (Decibel):

الديسيبل (Decibel): هو وحدة قياس ضغط الصوت وغيرها من الكميات الكهربائيّة، ويرمز لها بالرمز (dB) ويستطيع الإنسان سماع الصوت دون حدوث أذى للمستمع ما بين (0dB-120dB).

مكوّنات النظام الصوتيّ:

يُبيِّن الشكل (3) مكوّنات الصوت الأساسيّة:

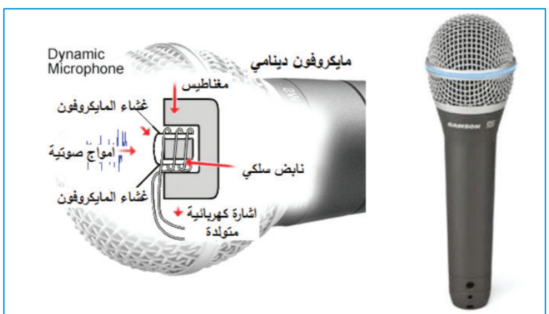


الشكل (3): مكوّنات النظام الصوتيّ

1. المايكروفون: هو عبارة عن أداة تعمل على تحويل الصوت إلى إشارة كهربائيّة، ويوجد منه عِدَّة أنواع هي:

أ- المايكروفون الديناميّكيّ (Dynamic Microphone):

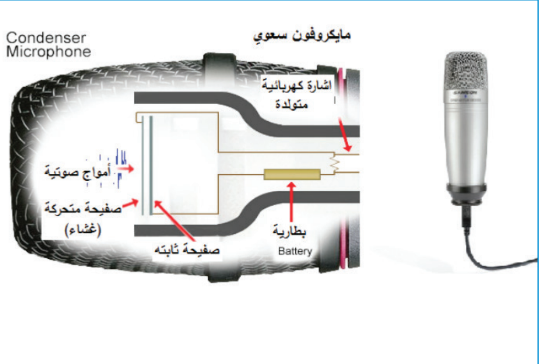
وهو أكثر أنواع المايكروفونات شيوعاً واستخداما وبساطة. وفيه ينتقل الصوت عبر الهواء على شكل اهتزازات (أمواج)، تصطدم بغشاء المايكروفون وتتسبب باهتزازه. ويكون غشاء المايكروفون متصلاً بنابض صوت (نابض سلكي)، فيهتز هذا النابض ضمن مجال مغناطيسيّ ينشئه مغناطيس المايكروفون، والإشارة الكهربائيّة المناسبة، ويُبيِّن الشكل (4) المايكروفون الديناميّكيّ.



الشكل (4): المايكروفون الديناميّكيّ

ب- المايكروفون السعويّ (Capacitor Microphone):

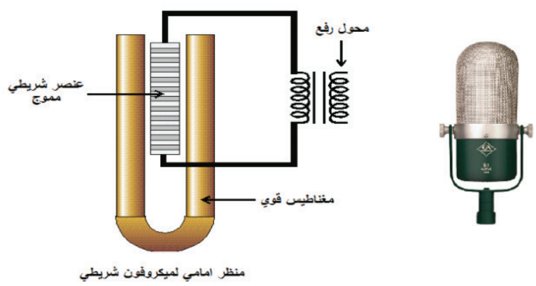
يحتوي على استجابة تردّدية واسعة، وهو أكثر دقّة من النوع الديناميّ. ويحتاج المايكروفون السعويّ إلى مصدر طاقة يمكن أن يكون داخلياً (بطاريات داخلية)، أو خارجياً من حزمة طاقة من خلال وصله مع جهاز المازج. Mixer))، وتعمل هذه الحزم عن طريق تزويد شحنة لصفيحة ثابتة، فينشأ مواسع. وهناك غشاء رقيق يغطي الصفيحة، وينتج جهداً يتغير في الصفيحة عندما يتعرض لاهتزاز الأصوات، ويُبيِّن الشكل (5) المايكروفون السعويّ.



الشكل (5): المايكروفون السعويّ.

ج- المايكروفون الشريطي (Ribbon microphone)

يقوم هذا النوع بإنتاج الصوت عن طريق مد شريط معدني رقيق خلال فجوة من المغناطيس الشديد. الصوت يقوم بتحريك الشريط خلال المجال المغناطيسيّ منشئاً نبضات إلكترونيّة. وهذا النوع يملك استجابة تردّد ممتازة، ولكنه أكثر حساسية، وتكلفته أعلى من الأنواع الأخرى، ويُبيِّن الشكل (6) المايكروفون الشريطي.



الشكل (6): المايكروفون الشريطي.

2. المازج: هو عبارة عن جهاز إلكترونيّ يستخدم لدمج عِدَّة إشارات صوتيَّة معاً، ويعمل على ضبط مستوياتها وجودتها الصوتيَّة، كما يعمل أيضاً على تنقية الصوت وتغليظه أو تنعيمه حسب المطلوب. ويُبيِّن الشكل (7) الواجهة الأماميّة للمازج.



الشكل (7): الواجهة الأماميّة للمازج.

نشاط (2):

ابحث من خلال الإنترنت عن وظائف مفاتيح الواجهة الأماميّة للمازج.

3. التكبير (Amplification):

يقوم مكبّر الطاقة بتكبير إشارة الصوت الممزوجة، والمعالجة إلى مستوى كاف لتشغيل السمّاعات، وتقوم مكبّرات الطاقة المتعددة بتزويد السمّاعات بالقدرة اللازمة لتشغيل عدد أكبر من السمّاعات.

4. الإخراج (السمّاعات):

تقوم السمّاعات بتحويل الإشارة الكهربائيّة إلى إشارة صوتيَّة مسموعة، ويُبيِّن الشكل (8) أجزاء السمّاعة.



الشكل (8): أجزاء السمّاعة

أنواع السمّاعات

1. **سماعة التويتر (Tweeter):** تختص بالتردّدات العالية، وتثبت أعلى السمّاعة عادة.
2. **سماعات متوسطة المدى (Midrange):** وتستخدم للتردّدات المتوسطة، وهي تغطي تردّدات أصوات المطربين ومعظم الآلات الموسيقية.
3. **سماعة سبوفر (Subwoofer):** تختص بالتردّدات المنخفضة مثل الدرامز.

نستنج ممّا سبق أن أفضل وسيلة للحصول على جودة عالية للصوت هو استخدام الأنواع الثلاثة من السمّاعات بعضها مع بعض للحصول على كُلّ التردّدات في النغمة الصوتيَّة.

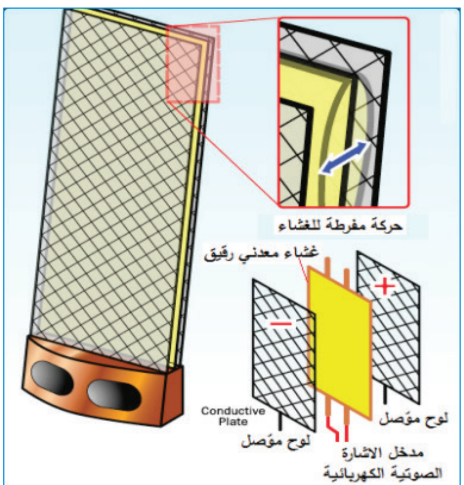
ويُبيِّن الشكل (9) أشكال أنواع السمّاعات:



الشكل (9): أنواع السمّاعات

4. **السمّاعات الكهروستاتيكية (Speaker Electrostatic):**

يتركب هذا النوع من السمّاعات من شريحتين معدنيتين متوازيتين، إحداهما مشحونة بشحنة موجبة، والأخرى مشحونة بشحنة سالبة، ويوجد بينهما شريحة معدنية رقيقة، عندما تمر الإشارة الكهربائيّة الصوتيَّة في الشريحة الرقيقة تعمل على إحداث شحنة كهربائيّة إضافيّة على الشريحة؛ فتتحرَّك تحت تأثير المجال الكهربائيّ، فتتذبذب الشريحة بين اللوحين المعدنيّين؛ ما يحدث تضاغطا وتخلخلا في جزيئات الهواء فتحدث الصوت، ويُبيِّن الشكل (10) تركيب هذا النوع من السمّاعات.



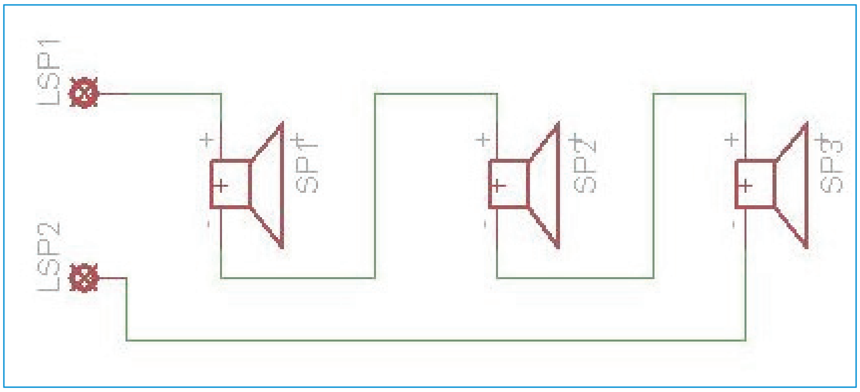
الشكل (10): تركيب السمّاعات الكهروستاتيكية.

توصيل السمّاعات مع مخرج المكبّر الصوتيّ

الغرض من توصيل السمّاعات المتعدد هو زيادة عدد السمّاعات. في القاعات الصغيرة تحتاج لسماعة واحدة، وفي القاعات الكبيرة تحتاج إلى أكثر من سماعة حسب حجم القاعة، ويتم توصيل السمّاعات بطريقتين:

1. التوصيل على التوالي:

يتم توصيل السمّاعات على التوالي، كما يُبيِّن الشكل (12) أدناه؛ وبالتالي يتمّ الحصول على طرفين نتعامل معهما كأنهما طرف سماعة واحدة، وتكون قيمة الواط مساوية لأي سماعة منهما، أما المقاومة فتكون حاصل جمع جميع السمّاعات. ومن مساوئ التوصيل على التوالي إذا حصل فصل بأي سماعة ينقطع الصوت كلّيّاً.



الشكل (12): توصيل السمّاعات على التوالي

مثال (1):

في الشكل (12) أعلاه إذا كانت مقاومة كل سماعة 4Ω وقدرة كل سماعة 10W، احسب الممانعة والقدرة الكلية.

الحل: السماعات موصولة على التوالي تكون الممانعة الكلية حاصل جمع كل منها فتساوي 12Ω، والقدرة الكلية تساوي قدرة أي سماعة تساوي. 10W

ملاحظة:
في حالة التوصيل على التوالي يجب أن تكون قدرة السماعات متساوية، أما المقاومة فنقوم بجمعها حسب مقاومة كل سماعة.

2. التوصيل على التوازي:

في التوصيل على التوازي كما يُبيِّن الشكل (13) يجب أن تكون جميع المقاومات متساوية في المقاومة كشرط أساسيّ، وكذلك القدرة (الواط) للتحكم بجودة الصوت وتوزيعه. ويمكن حساب المقاومة الكلّيَّة والقدرة للسماعات في حالة التوصيل على التوازي من خلال المثال التالي:

مثال (2):

في الشكل (13) احسب القدرة الكلية ومقاومة السماعات الموصولة على التوازي إذا كانت قدرة كل سماعة 25 واط ومقاومة كل منها 12 أوم.

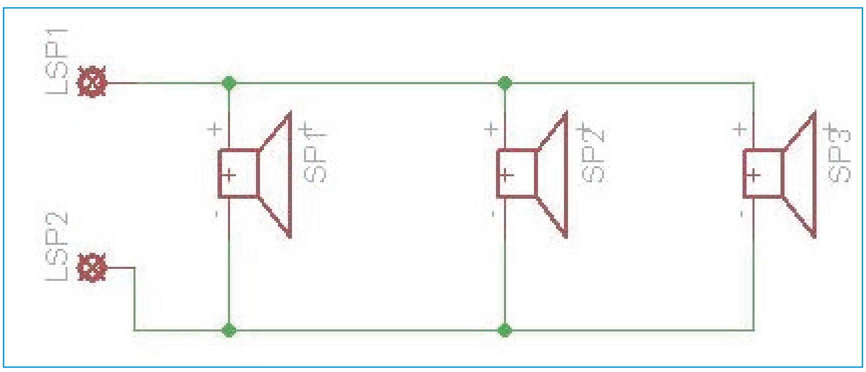
الحل:

1. المقاومة: في حالة التوصيل على التوازي يتمّ قسمة قيمة المقاومة على عدد المقاومات كما يلي:

$$R = \frac{12}{3} = 4\Omega$$

2. القدرة تساوي مجموع قدرة السماعات الموصولة على التوازي:

القدرة =25+25+25=75 واط

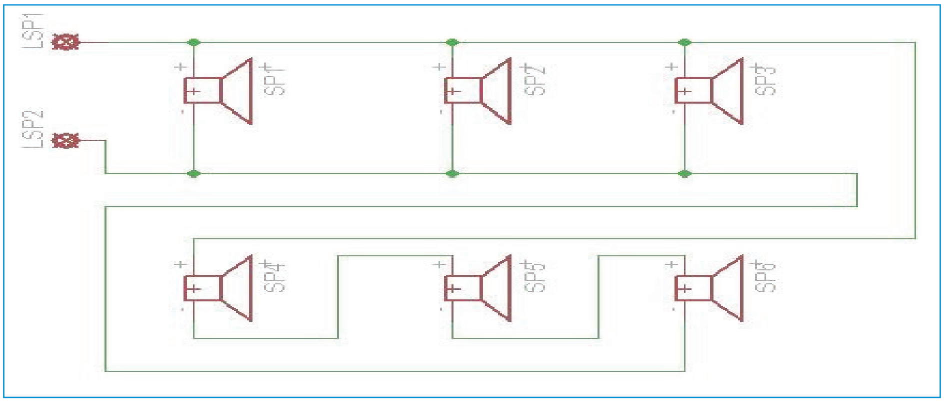


الشكل (13): توصيل المقاومات على التوازي

3. التوصيل المركب (على التضاعف):

هذه الطريقة هي جمع بين الطريقتين السابقتين كما هو مبين بالشكل (14)، وتستخدم هذه الطريقة للحصول على عدد سماعات أكثر مع المحافظة على قيمة المقاومة الكلّيَّة ثابتة.

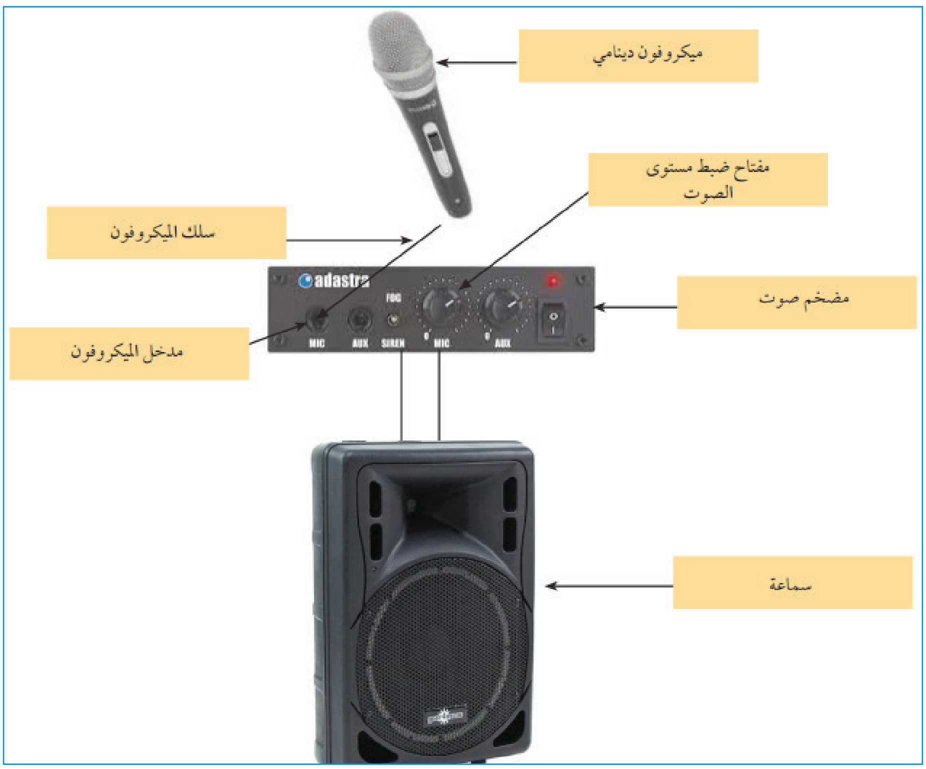
يتمّ حساب قيمة المقاومة الكلّيَّة بحساب قيمة مجموعة السمّاعات المتصلة على التوازي كأنها مجموعة مستقلة، ثمّ حساب مجموعة السمّاعات المتصلة على التوالي وكأنها مجموعة مستقلة، ثمّ نجمع الناتج لكلّ مجموعة لكن بنظام التوازي.



الشكل (14): التوصيل المركب للسماعات

الواجهة الأماميّة والخلفية لمضخّم الصوت

تحتوي الواجهة الأماميّة والخلفية للجهاز الصوتيّ على مجموعة من المداخل والمخارج والمفاتيح للتحكم الصوتيّ ومعايرة نقاء الصوت ووضوحه، ويبيّن الشكل (15) الواجهة الأماميّة لمكبّر صوتي



الشكل (15): الواجهة الأماميّة لمكبّر صوتي

نشاط (3):

ابحث عن صور من خلال الإنترنت للواجهة الخلفية لأجهزة تكبير صوتي، وحدِّد اسم كل منفذ ووظيفته.

فحص السمّاعات وتحديد صلاحيتها

لتحديد صلاحية السمّاعة نستخدم جهاز الأوميتر لقياس قيمة المقاومة ومقارنتها مع القيمة الحقيقية المسجلة على السطح الخارجي للسماعة، كما يُبيِّن الشكل (16)، فإذا كانت المقاومة أعلى أو أقلّ من القيمة الحقيقة فتكون تالفة، وإذا كانت القيمة قليلة جدّاً فيكون قصر في ملفّ السمّاعة، وإذا كانت عالية يكون هناك فصل في ملفّ السمّاعة، وهناك سماعات يمكن تغيير ملفها إذا كانت تالفة، مثل سماعات المساجد، وسماعات الحفلات. والبعض الآخر لا تستبدل، بل يجب تغيير السمّاعة بنفس المواصفات.



الشكل (16): قياس قيمة مقاومة السمّاعة

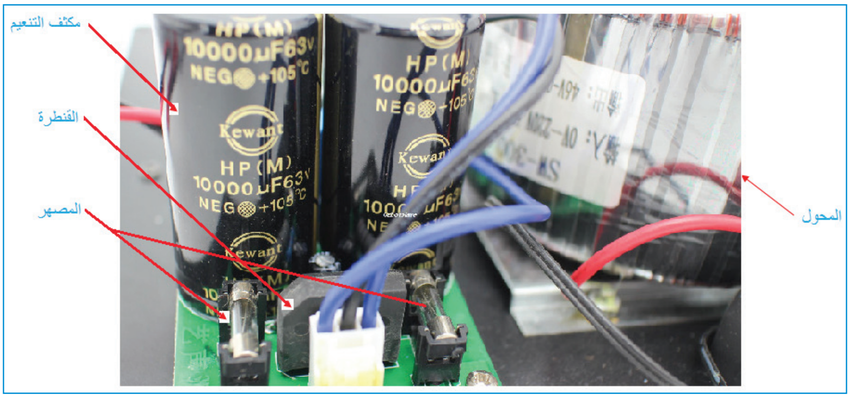
صيانة أجهزة التكبير الصوتيّ وتشخيص أعطالها

يوجد أجهزة تكبير صوتي متنوعة من حيث القدرة ومن حيث الصميم والشركات المصنعة والاستخدام، حيث يوجد أجهزة تكبير تستخدم للحفلات وفي المساجد وقاعات الاجتماعات والمصانع، إلا أنَّها جميعا تحتوي على عناصر التكبير الصوتيّ، وفيما يلي نستعرض بعض الأعطال الشائعة وسبب كُلّ منها:

1. الجهاز لا يعمل ولا يضيء فيه مصباح الإشارة (جهاز ميت):

أسباب العطل المحتملة:

- قطع في سلك الكهرباء (افحص موصليَّة السلك باستخدام فحص الاستمراريّة بالأوميتر).
- تعطّل مفتاح التشغيل (افحص المفتاح باستخدام فحص الاستمراريّة بالأوميتر).
- تلف المحول (افحص ملفّات المحول باستخدام الأوميتر).
- تلف المصهر نتيجة حصول تغير مفاجئ بالجهد من الشبكة العمومية، أو بسبب حصول قصر في القنطرة أو مكثِّف التنعيم (افحص موصليَّة المصهر باستخدام فحص الاستمراريّة بالأوميتر).
- تلف القنطرة (افحص القنطرة باستخدام فحص الثنائيّات بالأوميتر).
- حصول قصر في مكثِّف التنعيم (افحص مكثِّف التنعيم باستخدام فحص الاستمراريّة بالأوميتر).

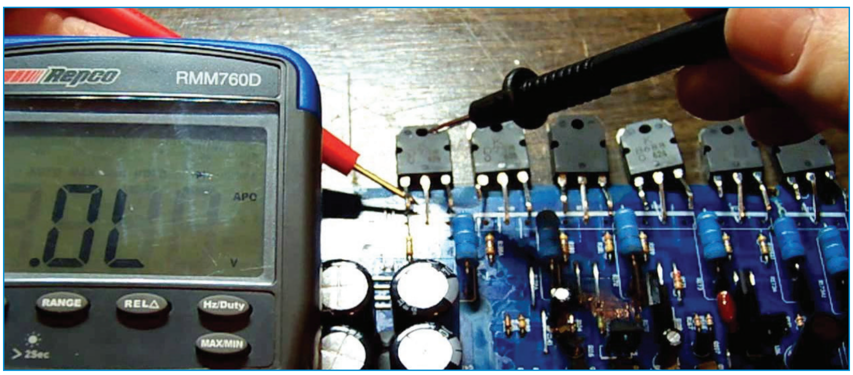


الشكل (17): يُبيِّن مكوِّنات دائرة التغذية لجهاز مكبّر صوتي

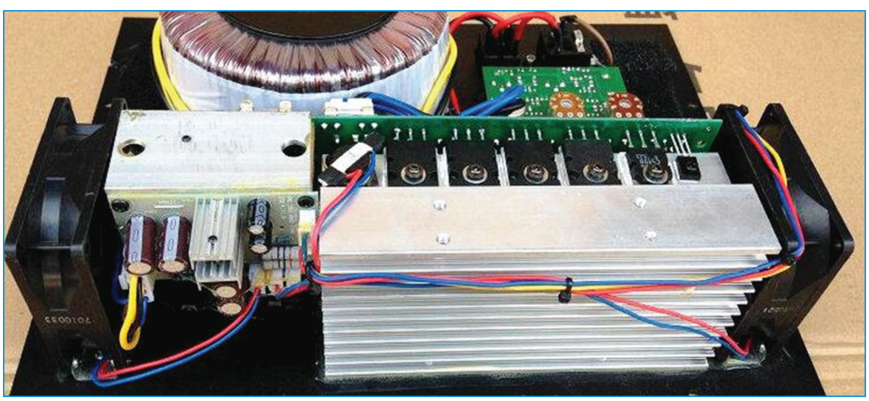
2. الجهاز يعمل، ولكن لا يوجد صوت نهائيّاً:

أسباب العطل المحتملة:

- عطل في السمّاعة (افحص ملفّ السمّاعة باستخدام الأوميتر).
- عطل في ترانزستورات الصوت (أو الدارة المتكاملة للصوت) حسب نوع الجهاز (افحص ترانزستورات الصوت باستخدام الأوميتر، وتحقَّق من صلاحيتها).



الشكل (18): ترانزستورات صوتيَّة لمكبّر صوت لسيارة



الشكل (19): ترانزستورات صوتيَّة لمكبّر مثبّت على مبدّدات حراريَّة، كذلك مع مروحة للتبريد

3. الصوت موجود مع عدم وضوح الصوت أو وجود تشويش بالصوت:

أسباب العطل المحتملة:

- يوجد تمزق في غشاء السمّاعة (استبدلها).
- يوجد عطل في مكثِّفات الخرج الصوتيّ (افحص المكثِّفات باستخدام RLC ميتر).
- عطل في مكثِّف التنعيم، يحدث أحياناً طنين بالصوت (افحص المكثِّفات باستخدام RLC ميتر).

نشاط (4):

يُبيِّن الشكل أدناه مكبّراً صوتيّاً يستخدم في الإذاعات المدرسية، واليوم المفتوح، والحفلات الصغيرة:



1. حدِّد على الجهاز المتوفّر المداخل والمخارج.
2. شغّل الجهاز، وتحقَّق من عمله.
3. فكّ الغطاء الخلفي للجهاز، وحدِّد نوع مكبّر الصوت المستخدم.
4. حدِّد مكوِّنات دارة التغذية.

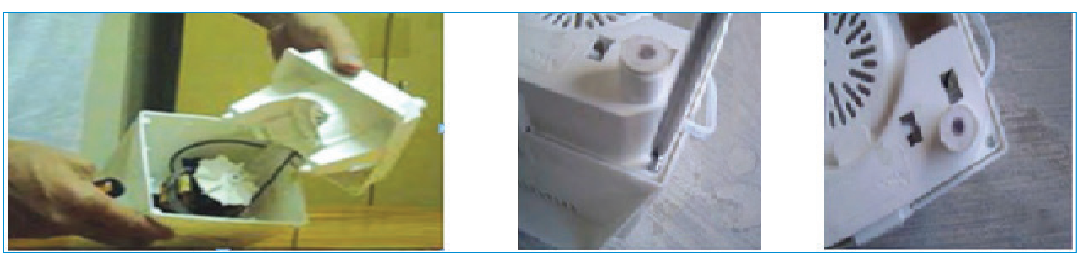
7-4 الموقف التعليميّ التعلّمي: صيانة الأجهزة المنزليّة البسيطة.

وصف الموقف التعليميّ:

(حضر زبون إلى مؤسسة الصيانة يشكو من تعطّل الخلّاط الكهربائيّ (صانع الطعام) لديه، وطلب فحص الخلّاط، وعمل اللازم لإعادة تشغيله).

العمل الكامل			
خطوات العمل	وصف الموقف الصفي	المنهجيّة (إستراتيجيّة التعلّم)	الموارد حسب الموقف التعليميّ
أجمع البيانات، وأحلّلها	• أجمع البيانات من الزبون حول: - نوع الخلّاط الكهربائيّ. - قدرة الخلّاط الكهربائيّ. - وجود مشاكل في مصدر الجهد الّذي يعمل عليه الخلّاط. - هل تمَّ عرض الخلّاط على مؤسسة أخرى للصيانة؟ • أجمع البيانات حول: - أنواع الخلّاطات الكهربائيّة. - تركيب الخلّاط الكهربائيّ، ومبدأ عمله. - العناصر الكهربائيّة المستخدمة في دارات تشغيل الخلّاط الكهربائيّ. - طريقة تشغيل الخلّاط الكهربائيّ. - أعطال الخلّاط الكهربائيّ	• الحوار والمناقشة. • البحث العلميّ. • العمل التعاوني.	• طلب الزبون الكتابي (وصف المهمّة، وكتاب رسمي). • كتالوجات حول أنواع الخلّاطات المتنوعة. • الشبكة العنكبوتية (الإنترنت) والمواقع العلميّة الموثوقة (المحكّمة). • القرطاسيَّة.
أخطّط، وأقرّر	• أصنف البيانات الّتي تمَّ جمعها حول (نوع الخلّاط، ومصدر جهد التغذية). • أحدِّد خطوات العمل: - وضع مقترحات وبدائل لحل المشكلة. - تحديد البديل الأنسب. - إعداد جدول زمنيّ للتنفيذ. - أرسم مخطّط الخلّاط الكهربائيّ مع تفسير آليّة عمل الدارة. - أحضر الأجهزة اللازمة لفحص الخلّاط الكهربائيّ - أحضر مواصفات القطع الكهربائيّة المستخدمة. - أحدِّد الأدوات والعِدَد والأجهزة اللازمة. - أعدّ خطة لتنفيذ العمل تتضمن زمن المهمّة والوقت المقدر.	• العصف الذِّهنيّ (استمطار الأفكار حول أنواع الخلّاطات وتركيبها). • المناقشة والحوار. • التعلّم التعاوني (العمل ضمن فريق).	• البيانات الّتي تمَّ جمعها من الزبون. • كتالوجات حول الخلّاطات الكهربائيّة. • نموذج جدولة وقت تنفيذ المهام (الخطة). • طلب الزبون. • الإنترنت (مواقع خاصة بالخلّاطات الكهربائيّة وداراتها ذات مصداقيّة). • القرطاسيَّة اللازمة.

أنفّذ	• أراعي قواعد الأمان والسلامة العامة، وأتنبّه إلى: - استخدام مصدر الجهد 220 فولت عند تشغيل الدارة - الاستخدام الجيِّد للعدد. - أفكّ الخلّاط الكهربائيّ كما يُبيِّن الشكل (1) • أفحص المصهر. • أفحص كبسة التشغيل. • أفحص السلك الكهربائيّ. • أفحص كبسة الأمان للخلّاط. • أفحص فحمات المحرّك. • أفحص ملفّات المحرّك.	• الحوار والمناقشة. • العصف الذِّهنيّ. • العمل التعاوني.	• مفكات متنوعة. • عرّاية أسلاك. • قطّاعة أسلاك. • القرطاسيَّة. • خلّاطات كهربائيّة متنوعة. • خلّاطات كهربائيّة معطَّلة. • ساعة أفوميتر. • لحام (قصدير). • شفاط لحام. • كاوي لحام.
أتحقّق	• أراعي قواعد الأمن والسلامة العامة، وأتنبَّه إلى مصدر الجهد قبل التشغيل. • أتحقَّق من القطع الَّتي تمَّ استبدالها في دارة الخلّاط. أتأكّد من مواصفات القطع والبدائل لها. • أتحقَّق من تجميع الخلّاط حسب المخطّط. • أتأكّد من الوثائق والنماذج الّتي تمَّ تعبئتها خلال أداء المهمّة. • أُعيد العِدَد والأدوات المستخدمة لمكانها، وأُنظِّف موقع العمل.	العصف الذِّهنيّ. عمل المجموعات. لعب الأدوار. الحوار والمناقشة.	• طلب الزبون. • الوثائق والتقارير. • المواصفات. • مخطّطات الخلّاطات الكهربائيّة. • القرطاسيَّة.
أوثّق، وأعرض	• أوثِّق نتائج جمع البيانات حول: أنواع الخلّاطات ومخطّطاتها وطرق فحصها. الأعطال الشائعة في هذه الأجهزة. • أنشئ مِلفّاً لكلّ حالة. • أجهّز تقريراً فنّيّاً للزبون. • أُعِدّ تقريراً كاملا بالعمل.	• الحوار والمناقشة. • عرض النتائج مستخدما برنامج البوربوينت، أو أي برنامج مناسب بمنهجية لعب الأدوار.	• جهاز العرض (LCD). • جهاز الحاسوب. • نماذج عمليّة. • قرطاسيَّة.
أقوّم	• أقيّم رضا الزبون عن حل المشكلة. • أقيّم عمل كُلّ الدارة في جميع ظروف التشغيل. • أقيّم أهمية تطوير الدارات لتتلاءم مع ظروف التشغيل بشكل أفضل. • أعبِّئ نموذج التقييم.	• النقاش الجماعيّ. • البحث العلميّ.	• طلب الزبون. • المواصفات والكتالوجات. • المخطّطات الفنّيّة. • الكتب العلميّة ذات العلاقة • ورقة/نموذج العمل الخاص بالتقييم. • برامج رسم الدارات الكهربائيّة المحوسبة. • القرطاسيَّة.



الشكل (1): فك الخلّاط الكهربائيّ

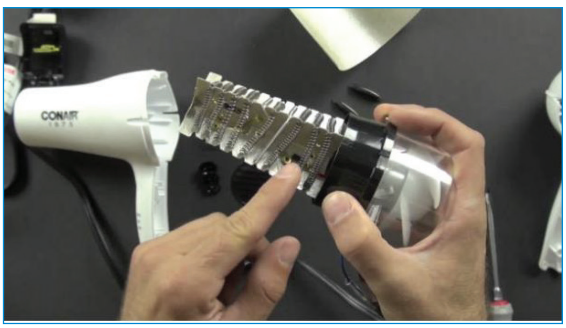
تمرين إضافي (1):



أحضر مكنسة كهربائية متعطلة، ثمّ قم بما يأتي:

1. فك المكنسة الكهربائية، وتعرّف على مكوناتها.
2. ارسم الدارة الكهربائية لها.
3. حدِّد الأعطال الممكنة للمكنسة الكهربائية.
4. قم بعمل الصيانة اللازمة للمكنسة الكهربائية.

تمرين إضافي (2):



أحضر مُصَفِّف شعر كهربائيّاً، ثمّ قم بما يأتي:

5. فكّ المُصَفِّف كما يبين الشكل التالي.
6. حدِّد مكوناته.
7. ارسم المخطط الكهربائي للمُصَفِّف.
8. بيِّن أعطال المُصَفِّف.
9. أحضر مُصَفِّفاً به عطل، ثمّ قم بصيانته.

الأسئلة:

1. ارسم الدارة الكهربائيّة للخلّاط الكهربائيّ.
2. عدِّد أعطال الخلّاط الكهربائيّ الممكنة.
3. بيِّن باستخدام ساعة القياس كيف يتمّ فحص وتحديد صلاحية ما يأتي:
   - السلك الكهربائيّ.
   - المصهر (الفيوز).
   - الكبسة الكهربائيّة.
   - ملفّات المحرّك.

أتعلم: صيانة الأجهزة المنزليّة البسيطة

نشاط (1):

1. ابحث عن رموز الأجهزة الكهربائيّة المنزليّة، ووثّقها.
2. ابحث عن تركيب المكواة الكهربائيّة وأعطالها الشائعة.

الصيانة: مجموعة من الإجراءات وسلسلة من العمليّات المستمرّة الّتي يجب القيام بها؛ بهدف وضع الآلة أو الجهاز في وضع الاستعداد التام للعمل.

الخلّاط الكهربائيّ (صانع الطعام):

من أكثر الأجهزة المنزليّة انتشارا، ويعمل على تحويل الطاقة الكهربائيّة إلى طاقه حركية، ويساعد في إعداد الطعام بسرعة، ويتوفّر بأحجام وأشكال وقدرات مختلفة.

- **مكوّناته:** يتكوّن الخلّاط الكهربائيّ من وعاء مثبّت على قاعدة تحميل، تحتوي بداخلها على محرّك ينقل الحركة بواسطة محور دوران معدني، يثبت عليه جلبة مطاطية، يثبت عليها العنصر حسب الوظيفة المطلوب أداؤها من الخلّاط الكهربائيّ، مثل الخلط أو التقطيع أو الطحن... إلخ، كما يُبيِّن الشكل (2).



الشكل (2): مكوّنات الخلّاط الكهربائيّ وملحقاته

أنواع الخلّاطات الكهربائيّة:

يتوفّر الخلّاط الكهربائيّ بأحجام وأشكال متعددة، وله قطع إضافيّة عِدَّة، ويقوم بوظيفة واحدة أو أكثر من الوظائف الآتية:

1. مزج الطعام (الخلط).
2. تحويل الطعام إلى أجزاء صغيرة (الطاحونة).
3. تقطيع الطعام (القطّاعة).
4. استخراج السوائل من الأطعمه (العصارة).
5. فرم اللحوم (الفرّامة).

قاعدة الخلّاط الكهربائيّ:

تحتوي القاعدة كما يُبيِّن الشكل (3) للخلّاط على جميع الأجزاء الرئيسيّة اللازمة لعمله، وهي كما يأتي:

1. **الهيكل الخارجي**: حيث يحتوي على فتحات لدخول الهواء؛ وذلك لتبريد المحرّك أثناء التشغيل، ويختلف حجم القاعدة وشكلها حسب الشركة المصنعة ونوع الخلّاط.



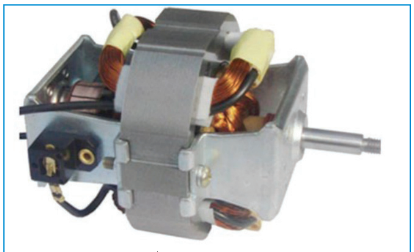
الشكل (3): قاعدة الخلّاط الكهربائيّ

2. مفتاح التشغيل والتحكُّم: يتمّ تشغيل المحرّك أو إيقافه، والتحكُّم بسرعة دورانه بواسطة مفتاح أو عِدَّة مفاتيح مثبّتة على قاعدة الخلّاط، ويختلف شكل المفتاح حسب الشركة الصانعة، كما يُبيِّن الشكل (4).



الشكل (4): كبسة التشغيل

3. المحرّك الكهربائيّ (Electrical Motor): يعدّ المحرّك المكوّن الرئيس لجهاز الخلّاط الكهربائيّ، ويكون عادة من نوع المحرّك العام، ويختلف حجمه وقدرته من جهاز لآخر، كما في الشكل (5).



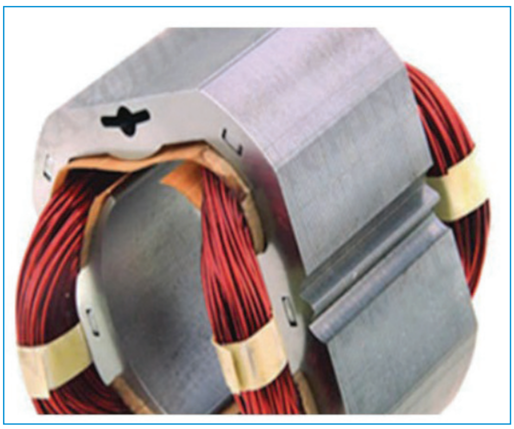
الشكل (5): محرّك الخلّاط الكهربائيّ

ويتكوّن المحرّك من جزئين رئيسين هما:

- العضو الدّوّار: ويحتوي على محور الدوران وملف المنتج، كما يُبيِّن الشكل (6).
- العضو الثابت: يحتوي على ملفّات المجال، كما يُبيِّن الشكل (7).

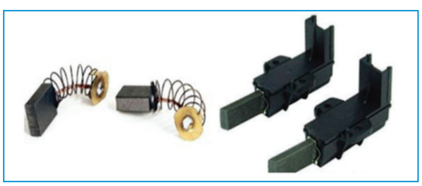


الشكل (6): العضو الدّوّار



الشكل (7): العضو الثابت

4. الفرش الكربونية: تكون الفرش الكربونية مثبّتة عادة على حامل، ووظيفتها عكس اتِّجاه المجال المغناطيسيّ؛ وذلك لضمان استمراريّة دوران المحرّك، كما في الشكل (8).



الشكل (8) الفرش الكربونية

5. مروحة التبريد: وظيفتها سحب الهواء الساخن المحيط بالمحرّك وطرده للخارج؛ ما يساعد على تبريد المحرّك، إضافة إلى سحب الحرارة المتولّدة عند نقاط التقاء الفرش الكربونية بالعضو الدّوّار للمحرّك، وتثبت المروحة مقابل فتحات التهوية، كما في الشكل (9).



الشكل (9): مروحة التبريد

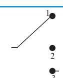
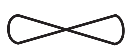
نشاط (2):

من خلال الإنترنت (You Tube) ابحث عن فيديو يبين طريقة فك الخلاط الكهربائي وتجميعه.

تشخيص الأعطال الكهربائيّة والميكانيكيّة للخلّاط الكهربائيّ وصيانتها:

لعمل صيانة للخلّاط الكهربائيّ يجب معرفة الرموز المستخدمة في الدوائر الإلكترونيّة لتسهيل عمليّة تتبع الأعطال:

- يُبيِّن الجدول (1) الرموز المستخدمة للخلّاط الكهربائيّ:

العنصر	الرمز
المنتج	
ملف الأقطاب	
مفتاح التشغيل	
مفتاح تغيير السرعات	
مروحة التبريد	

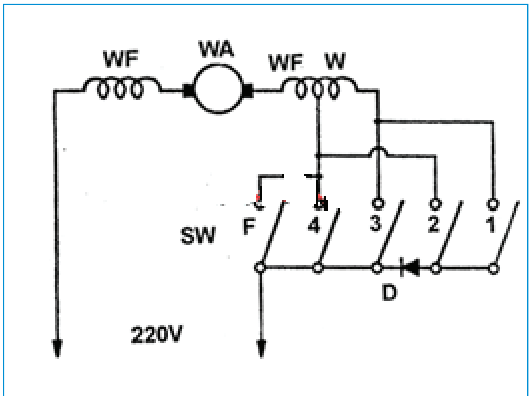
الجدول (1): الرموز المستخدمة للخلّاط الكهربائيّ

تمرين إضافي (3):

أحضر فرن ميكروويف كهربائيّ، وقم بفكّه والتعرف على أجزائه الرئيسيّة.

- **المخطّط الرمزي للخلّاط الكهربائيّ:**

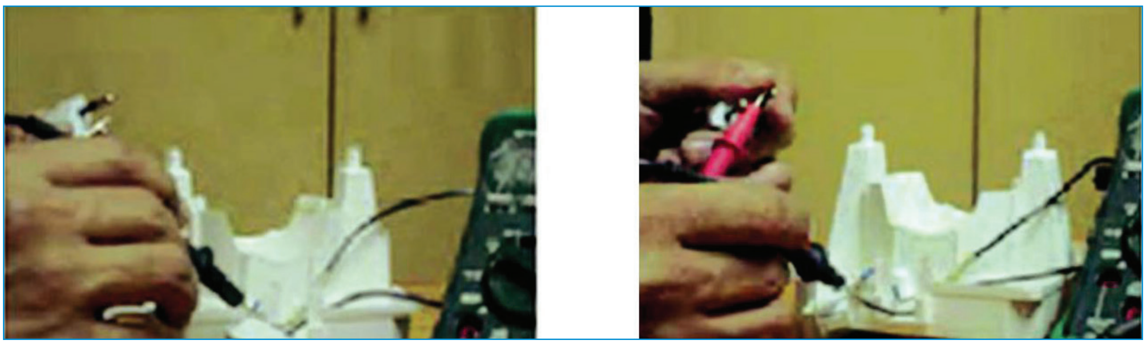
يوضح الشكل (10) المخطّط الرمزي للخلّاط الكهربائيّ، الَّذي يتكوَّن في الغالب من ملفّات الأقطاب، والمنتج الخاص بالمحرّك الكهربائيّ، كما يُبيِّن الشكل مفتاح التحكُّم بالسرعة.



الشكل (10): المخطّط الرمزي للخلّاط الكهربائيّ

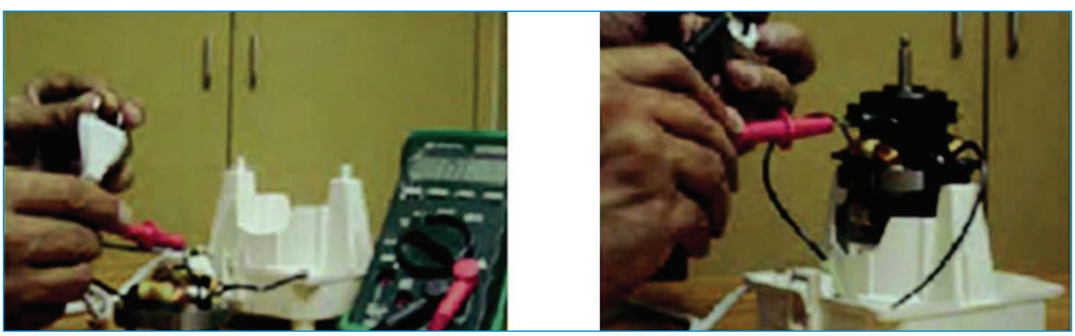
- **لتشخيص أعطال مروحة التبريد:** عليك التأكّد من عدم وجود أي كسر أو تشقق بمروحة التبريد الداخليّة، ووجود أية أوساخ أو غبار ملتصقة بريش المروحة، والتأكّد من اتصال مروحة التبريد بشكل جيد بمحور دوران المحرّك؛ من أجل طرد الهواء الساخن الناتج عن دوران المحرّك إلى الخارج.
- **لتشخيص أعطال وعاء الخلّاط:** عليك ملاحظة أي كسر أو تشقق بوعاء صانع الطعام المصنوع من الزجاج أو البلاستيك المقوى، وهذه التشققات قد تؤدي إلى تسرب الأطعمة إلى الخارج وخاصة السوائل، ودخولها إلى جسم قاعدة الخلّاط وإتلافه.
- **لتشخيص أعطال كابل التغذية والمفتاح الكهربائيّ وأسلاك الفرش** قم بالخطوات الآتية:

1. فحص الكابل عن طريق الاستمراريّة بوضع طرفي الأفوميتر على نهايتي أسلاك كابل التغذية، حيث يتمّ ضبطه على فحص الاستمراريّة، وملامسة طرفيه لطرفَي كُلّ سلك من أسلاك الكابل، مع الانتباه إلى تحريك الكابل وثنيه عِدَّة مرات؛ للتأكّد من الاستمراريّة في التوصيل بين طرفي السلك، وتشخيص وجود خلل، كما في الشكل (11).



الشكل (11): طريقة فحص كابل التغذية باستخدام الأفوميتر

2. فحص توصيل أسلاك الفرش الكربونية، بوضع طرفَي الأفوميتر على نهايتَي كُلّ سلك، كما في الشكل (12).



الشكل (12): فحص توصيل أسلاك الفرش الكربونية

3. فحص توصيل المفتاح عن طريق الاستمراريّة بوضع طرفَي الأفوميتر على نهايتَي المفتاح، وفحص الاستمراريّة عن طريق الضغط على الكبسة للوصل والفصل، كما في الشكل (13).



الشكل (13): فحص المفتاح عن طريق فحص الاستمراريّة

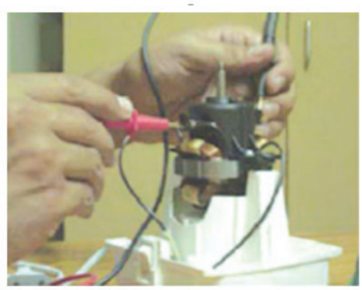
- **تشخيص أعطال المحرّك الكهربائيّ:** عند ملاحظة بطء أو اختلال في سرعة المحرّك، أو وجود شرارات قوس كهربائيّ أسفل قاعدة المحرّك، أو في حال وجود رائحة احتراق، يتمّ فك قاعدة المحرّك، وملاحظة الفرش الكربونية ومدى تآكلها، ويتم أيضاً ملاحظة الملفّات الخاصَّة بالعضو الدّوّار أو العضو الثابت؛ للتأكّد من عدم انهيار عازليتها بسبب ارتفاع درجة حرارة المحرّك، ويكون ذلك باستخدام جهاز الأفوميتر، حيث يتمّ وصل الجهاز بعد ضبطه على فحص الاستمراريّة على طرفَي كُلّ ملفّ من الملفّات، والتأكّد من عدم وجود قطع بأي منها، ويشير إلى تلف الملفّات، ثمّ يتمّ وصل كُلّ طرف من طرفَي الملفّات الخاصَّة بالعضو الثابت بجهاز الأفوميتر، ووصل الطرف الثاني بجسم العضو الثابت.
- **للتأكّد من عدم انهيار عازلية الملفّات:** يتم عمل ذلك أيضاً مع ملفّات العضو الدّوّار، حيث إنّ وجود اتصال بين طرف أي ملفّ من ملفّات العضو الدّوّار أو الثابت بجسم كُلّ منهما على التوالي يعني تلف الملفّات، ووجود تماس أرضي، كما يُبيِّن الشكل (14) خطوات عمليّة الفحص.



تفقد تآكل الفرش الكربونية.



فحص التماسّ الأرضي لملفات العضو الساكن.



فحص الاستمرارية لملفات العضو الساكن.



ملاحظة التآكل في الملامسات النحاسية للعضو الدوار.

الشكل (14): خطوات عمليّة الفحص

تمرين إضافي (4):

أحضر مروحة دفع هوائية كهربائيّة، وتعرف على أجزائها وأهم الأعطال الشائعة، ثمّ حدّد نوع العطل التالي: المروحة تصدر صوتا ولا تدور.

ويُبيِّن الجدول (2) ملخصاً لأعطال الخلّاط الكهربائيّ:

الرقم	العطل	السبب	طريقة الإصلاح
1	المحرّك لا يعمل.	مصهر تالف أو لا يوجد كهرباء.	فحص المصهر، ووصل مصدر الكهرباء.
		تآكل الفرش الكربونية.	فحص الفرش الكربونية، واستبدالها عند اللزوم.
		تلف كابل التغذية.	فحص الكابل، واستبداله عند اللزوم.
		مفتاح التشغيل أو التحكُّم لا يعمل.	فحص المفتاح وملامسات التوصيل، واستبداله عند اللزوم.
		محور الدوران لا يدور بحرية.	تزييت كراسي محور الدوران أو استبدالها.
2	سماع صوت مزعج عند التشغيل	براغي تجميع المحرّك مفكوكة.	التأكّد من تثبيت براغي تجميع المحرّك.
		تآكل كراسي محور الدوران.	استبدال كراسي محور الدوران.
		المروحة مكسورة أو غير ثابتة.	تثبيت المروحة أو استبدالها
		التواء أو كسر بالسكينة.	استبدال السكينة.
3	المحرّك يدور، والسكينة لا تدور	كسر أو تصدع بمحور الجهاز.	لصق المكسور، أو استبداله بجديد.
		تركيب مانع تسرب الطعام بالوعاء خاطئ.	تركيب مانع التسرب بشكل جيد
		آلة القطع غير مثبّتة بالوعاء بشكل جيد.	تثبيت آلة القطع بالوعاء جيداً
4	تسرب السوائل من الوعاء	الوصلة المطاطية متآكلة.	استبدال الوصلة المطاطية بأخرى.
		عدم تثبيت الوعاء جيداً مع القاعدة.	إحكام تثبيت الوعاء بشكل جيد.
		كسر في الوعاء البلاستيكي أو الزجاجي.	لصقه أو استبداله.
		وجود إعاقة في جلبة التجهيز.	تزييتها وتغييرها عند اللزوم.

جدول (2): يُبيِّن ملخص أعطال الخلّاط الكهربائيّ.

نشاط (3):

باستخدام الشبكة العنكبوتية ابحث عن مكونات النشافة الكهربائية، وأعطالها، وكيفية عمل صيانة لها.

استعن بـ (YouTube) لمشاهدة كيفية فك النشافة الكهربائية، وعمل صيانة لها.

أسئلة الوحدة

السؤال الأول: ضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة لكلّ ممّا يأتي:

1. كيف يتمّ فحص استمراريّة اتصال الملفّات؟

أ- بواسطة كليبر. ب- بواسطة أفوميتر.

ج- بواسطة ميكروميتر. د- بواسطة تاكوميتر

2. كيف يمكن التخلص من الشرارة عند تشغيل المحرّك؟

أ- تغيير المفتاح. ب- تنظيف الملامسات النحاسية للفرش الكربونية.

ج- إعادة لفّ المحرّك. د- تقليل الجهد.

3. ماذا يحدث عند كسر أو اتساخ لمروحة التبريد؟

أ- انخفاض حرارة المحرّك. ب- ارتفاع حرارة المحرّك.

ج- لا تغير يذكر في حرارة المحرّك. د- توقف المحرّك عن العمل.

4. ما سبب تلف مصهر الخلّاط الكهربائيّ؟

أ- تآكل الفرش الكربونية. ب- تلف مفتاح التشغيل.

ج- تحميل زائد لصانع الطعام. د- فصل التغذية.

5. علامَ يعتمد مبدأ عمل الخلّاط الكهربائيّ؟

أ- نقل الحركة الدورانيّة من المحرّك إلى الفرش الكربونية.

ب-تغيير المجال المغناطيسيّ لملفّات المجال.

ج- تحويل الطاقة الكهربائيّة إلى طاقة حركية.

د- تحويل الطاقة الكهربائيّة إلى طاقة حراريَّة.

6. عند فحص مفتاح التشغيل، يجب أن يشير فحص الاستمراريّة عند غلق المفتاح: (ON)

أ- إلى توصيل الدائرة الكهربائيّة. ب- إلى قطع الدائرة الكهربائيّة.

ج- إلى التوصيل والقطع في آن واحد. د- إلى التوصيل بعد فترة زمنيّة.

7. إلامَ يرمز المنظم (7805)؟

أ- 5 فولت سالب القيمة. ب- 5 فولت موجب القيمة.

ج- 5 فولت موجب متغير القيمة. د- 5 فولت سالب متغير القيمة.

8. أي من الآتية لا تُعَدّ من ميزات المنظّمات ثابتة؟

أ- سهولة الاستخدام.

ب- رخيصة الثمن.

ج- يوجد بها نظام حماية ضد ارتفاع الحرارة وارتفاع التيّار.

د- تستخدم عمليّة التقطيع في مبدأ عملها.

9. أي من الآتية لا تُعَدّ من ميزات دائرة التغذية المفتاحيّة؟

أ-كفائه عالية لأن تبديد القدرة في الترانزستورات المفتاحيّة قليلة. ب- ثابتة القيمة.

ج- الحجم صغير. د- خفة الوزن.

10. ما التردّد المسموع بالنسبة للإنسان؟

أ- (20HZ-2KHZ) ب- (20KHZ-200KHZ)

ج- (20KHZ-40KHZ) د- (20HZ-20KHZ)

11. ما نوع الترددات الَّذي تختص به سماعة التويتر؟

أ- العالية. ب- المنخفضة. ج- المتوسطة. د- المنخفضة والمتوسطة.

12. احسب المقاومة والقدرة الكليَّة لثلاث سماعات موصولة على التوالي، مقاومة كُلّ منها 6 أوم، وقدرة كُلّ منها 15 واط.

أ- 18 أوم، 15 واط. ب- 18 أوم، 45 واط.

ج- 2 اوم، 15 واط. د- 2اوم، 45 واط.

13. ما أقصى تيّار تستطيع الرقاقة 555 تزويده؟

أ- 1A ب- 100mA ج- 200mA د- 2A

14. ما مدى الجهد الَّذي تعمل الرقاقة 555؟

أ- 0V إلى 5V ب- 5V إلى 16V ج- 0 إلى 16V د- 5V إلى 30V

15. ماذا يحدث عند إعطاء إشارة جهد تقترب من الصفر على المدخل 4 (RESET) للرقاقة 555؟

أ- يتحوَّل مخرج الرقاقة إلى حالة الجهد المنخفض.

ب- تعطي الرقاقة إشارة موجبة لفترة معيَّنة ثمّ تتحوّل إلى الصفر.

ج- تتحوّل الرقاقة إلى حالة الجهد العالي.

د- تعطي الرقاقة موجة مربعة على المخرج.

السؤال الثاني: في الدارة رقم (5) للموقف التعليميّ الأول احسب قيمة كُلّ من f ، T ، T_{OFF} ، T_{ON} للإشارة الخارجة على مخرج الرقاقة 555.

السؤال الثالث:

1. اشرح تركيب الخلّاط الكهربائيّ.
2. خلاط كهربائيّ لا يعمل. اذكر أسباب العطل، وطريقة إصلاحه.

السؤال الرابع:

1. عدِّد مراحل دارة التغذية المفتاحيّة مع الشرح المبسط عن كُلّ منها.
2. من خلال الشكل (4) اشرح مبدأ عمل الدارة المفتاحيّة.

السؤال الخامس:

1. عرف مايأتي: أ- الصوت. ب- المايكروفون. ج- السمّاعة.
2. اشرح مبدأ عمل كُلّ ما يأتي: أ- المايكروفون الديناميّكيّ. ب- المايكروفون السعويّ.
3. اشرح طريقة تحديد صلاحية السمّاعة.

السؤال السادس:

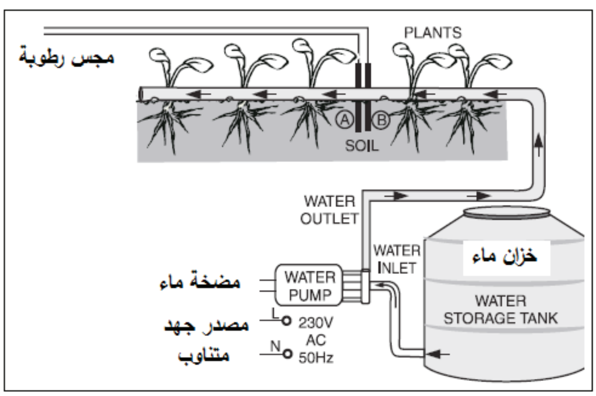
شاحن جهاز حاسوب محمول لا يوجد جهد على مخرجه، بيِّن بخطوات تسلسليّة كيف تستدل على العطل.
قارن بين المنظّمات الخطِّيّة والمنظّمات المفتاحيّة.

مشروع:

طلب منك أحد المزارعين تصميم دارة للتحكم بري النباتات، بحيث تعمل كما يأتي:

1. عندما يعطي مِجَسّ الرطوبة إشارة تفيد بجفاف التربة يتمّ تشغيل مضخة المياه لزمن معين يتمّ ضبطه حسب المطلوب.
2. يمكن إضافة مقاومة ضوئية، بحيث يتمّ تفعيل عمل النظام ليلا فقط.

المطلوب: تركيب الدارة، وتشغيلها، والتأكد من عملها.



لجنة المناهج الوزارية:

د. صبري صيدم	د. بصري صالح	أ. ثروت زيد
م. وسام نخلة	د. سمية نخالة	

لجنة الخطوط العريضة:

م. باسل عبدالحق	م. فؤاد قطمش	م. عاصم عسراوي

المشاركون في ورشة عمل كتاب الإلكترونيات الصناعية للصف الحادي عشر:

م. ماهر يعقوب	م. فؤاد قطش	م. سميح حلايقة
م. معاذ أبو سليقة	م. أشرف قبها	م. أكرم أبو الهيجاء
م. إبراهيم قدح	م. ياسر سليمة	م. ساهر عباس
م. باسل عبد الحق	م. رائد أبو خليل	م. إسلام البطش
م. محمد دهمات		